Ɉqɇ Ɉ¢ɛ ƱɈɇqRQɾʔQɈ¢Ʌɇʔə ʔ QɅqaȘRɅ yʔƐʔƱɈ-RȘyɇɈΛɈŁʔaȘqƱɈŁɈ, jQʔQƬɈɈyQɅɇɇŁɈ ɈⱣɈQɾƬɈ¢Ʌɇʔə ʔ ɈqɇɈ¢ɇŁɈ ɈⱣɈQɾƬɈ¢Ʌɇʔə ɅƋq

qɯəʒɨɱɦɢɤ
¢ ɱɟɬɵɩɯ ɬɨɦəɯ

Том 1

Издание 6-е, переработанное, исправленное и дополненное

Под общей редакцией А. С. Тимонина

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2024

УДК 66.02
ББК 34.42
О-75

Авторы:
Тимонин А. С., Беляков А. А., Дмитриев С. М., Таранцева К. Р.

Рецензенты:
доктор технических наук, профессор, первый заместитель генерального директора,
главный конструктор ОКБМ «Африкантов» *¢. ¢. jjłłłhgh*;
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологических машин и оборудования
Ивановского государственного химико-технологического университета *¢. ¢. Cycłhgmjz*;
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов химических производств
Казанского национального исследовательского технологического университета *q. г. jiłhgvəniz*

J-75 **Jłłhizə vihłłlcıizəłhcı c ıəłmjłə wcłhcvi-łjwłhiqizəcmjłvizi, ucıicihwıəłhhizi icıılcizəłhcı c iłhizhizi icıılcizəłhcı Ćdq** : справочник. В четырех томах. Т. 1 / [Тимонин А. С. и др.] ; под общ. ред. А. С. Тимонина. – 6-е изд., перераб., испр. и доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 800 с. : ил., табл. + Доп. материалы. – 421 с. [Электронный ресурс]. – https://iIfra-e.ru/products/978-5-9729-1273-5
ISBИ 978-5-9729-1273-5
ISBИ 978-5-9729-1277-3 (Т. 1)

Изложены основы конструирования и расчета общетехнологического оборудования для химической, нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей, химико-фармацевтической, пищевой, биотехнологической, горно-обогатительной отраслей и основного оборудования АЭС. Приведены сведения об основных конструкционных материалах и их сортаменте, методах изготовления неразъемных соединений. Проанализированы и приведены основные нормализованные и типовые элементы химико-технологического, природоохранного оборудования и основного оборудования АЭС. Приведено основное типовое общетехнологическое и природоохранное оборудование, промышленная трубопроводная арматура, насосы, вентиляторы, газо- и воздуходувки, а также типовое основное и перспективное оборудование атомных электрических и тепловых станций. Электронное приложение содержит дополнительные материалы.

Для инженерно-технических работников, занятых конструированием химико-технологического оборудования, природоохранного оборудования и основного оборудования АЭС, а также конструированием энергетических объектов атомной энергетики. Может быть полезно преподавателям и студентам профильных вузов при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 66.02
ББК 34.42

Łцəzə ł 19 ii 27 łhiłıc з cwjvłiłhhih ucyigjhcc
hə łəyłj cgbəłjcœłzə ©rhłzıə-rhgjhjıcл[a] **iIfra-e.ru**

ISBИ 978-5-9729-1273-5
ISBИ 978-5-9729-1277-3 (Т. 1)

© Тимонин А. С., Беляков А. А., Дмитриев С. М., Таранцева К. Р., 2024
© НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2024
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

Заслуженный деятель науки и техники
Российской Федерации, член-корреспондент РАН 2020 г.

Предисловие

Появление удачного справочника в той или иной отрасли науки и техники является особым событием, так как справочник представляет систематизированную емкую информационную базу, в которую сведены данные множества источников информации в удобной для пользователя форме. Справочником пользуются академик и профессор, инженер-конструктор и инженер-проектировщик, преподаватель профильного вуза или колледжа и студенты данных учебных заведений. Кто из специалистов не знает выдающегося справочника по математике И.Н. Бронштейна и К.А. Семендяева, выдержавшего более десяти изданий, или справочника конструктора-машиностроителя В.И. Анурьева, выдержавшего девять изданий. В отрасли химического машино- и аппаратостроения таким выдающимся справочником является справочник А.А. Лащинского и А.Р. Толчинского "Основы конструирования и расчета химической аппаратуры". Несмотря на то, что последнее издание справочника датировано 1970 годом, он до сих пор является настольной книгой конструктора химического оборудования. Для промышленной теплоэнергетики и теплотехники, включая и атомную энергетику, выдающимся справочником является справочник "Промышленная теплоэнергетика и теплотехника", выпущенным в свет издательством МЭИ в четвертый раз в 2007 году.

Однако следует признать, что в нашей стране каждые 10-15 лет серьезно меняется нормативно-техническая база инженерных справочников, изменяются нормативные методики прочностных элементов оборудования и технологических расчетов оборудования в целом, появляются новые конструкционные материалы с совершенно иными техническими характеристиками. Поэтому востребованные проектно-конструкторскими организациями и профильными высшими учебными заведениями справочники должны постоянно перерабатывать, дополняться. Наш справочник не является исключением из этого правила, поэтому также потребовал очередного переработанного и дополненного издания.

Как показала практика конструирования технологического и природоохранного оборудования целого ряда технологических производств, природоохранных цехов и участков химической, нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей, горно-обогатительной, горно-металлургической, химико-фармацевтической, биотехнологической, пищевой, производства строительных материалов отраслей экономики разрабатывается на принципах и элементной базе, характерной для химического машино- и аппаратостроения. При этом следует отметить, природоохранные производства по своей сути также являются технологическими, а оборудование природоохранных систем использует базовое оборудование химической и нефтехимической промышленности. Не является исключением и атомная энергетика. Оборудование атомных энергетических комплексов также имеет в своей основе много общего с конструирование химико-технологического оборудования. Ведь никто не будет оспаривать, что первые ядерные исследовательские, энергетические и нарабатывающие новые ядерные материалы атомные реакторы не говоря уж ином оборудовании комплекса были сконструированы в московском НИИхиммаше, ибо в то время только эта отрасль машиностроения была способна сформулировать конструкторские решения для совершенно новой отрасли промышленности. Конечно, авторы не отрицают, главенствующую теоретическую базу под это новое оборудование подвели физические академические институты АН СССР, специалисты кафедр ядерной и теоретической физики и особые конструкторские бюро, сформированные руководством страны для решения задач Атомного проекта. В послевоенный период возникла целостная система вузовской подготовки научных и инженерных кадров для этой отрасти, что позволило вывести нашу атомную промышленность на передовые мировые позиции. Вышесказанное поясняет позиции авторов справочника в его расширении за счет четвертого тома, посвященного основам конструирования основного оборудования АЭС.

В предисловии упоминаются видные деятели государственного управления машино- строительным, химическим и атомным энергетическим комплексами страны, корифеи науки и техники (Герои Советского Союза, Герои Социалистического Труда, члены АН СССР и РАН, заслуженные деятели науки и техники РСФСР и РФ, союзных и автономных республик, лауреаты Ленинских и Государственный премий СССР и РФ, премий СМ СССР и Правительства РФ), авторы фундаментальных профильных учебников, монографий и справочной литературы, руководители и ведущие работники профильных высших учебных заведений, академических институтов, научно- исследовательских и проектно-конструкторских организаций, специалисты геолого-разведочных

организаций и предприятий по переработке исходного ядерного сырья, выдающиеся советские разведчики и руководители данных служб.

Авторы считают своим долгом отметить те ведущие организации, которые создавали и продолжают модернизировать отрасль химического машино- и аппаратостроения и осуществляли и осуществляют подготовку инженерных и научных кадров для этой отрасли. ОАО "ЛенНИИхиммаш", АО "НИИхиммаш" (г. Москва), ОАО "ДзержинскНИИхиммаш", ОАО "ИркутскНИИхиммаш", ОАО "НИИэмальхиммаш", АО "СеверодонецкНИИхиммаш", ОАО "СвердНИИхиммаш", АО "УкрНИИхиммаш", ОАО"ВНИИнефтемаш", ОАО "Волгограднефтемаш", ООО "НПП Химмаш-Старт", ОАО "ГИПРОгазоочистка", ОАО "НИИОгаз", ЗАО "Петрохим Инжиниринг", ВНИИкимаш, ВНИКТИРП, ВНИИКП, ВНИРТмаш, ВНИИкомплект, НИИшинмаш, ГИАП, НПО "Криогенмаш", АО "Механобр-техника", АО "Механобр - Инжиниринг", НИИУИФ, НПО " Пластик", НИИПМ, НИКТИ, НПО "Союз", НПО "ГИДРОмаш", КНИИМ, НИИПХ, ВАХЗ им. К.Е.Ворошилова, ГНИИХТЭОС, ГИПХ, ГИПРОкаучук, ГИПРОпласт, ГИПРОхлор, НПО "Гелиймаш", Московский "Резинопроект", НИИШП, НИИРП, ИРЕА, ЦКБ нефтеаппаратуры, АО "НПФ "ЦКБ арматуростроения", СКБ "ЯрПолимермаш", УкрНИИпластмаш, СКБ "Полимермаш" (г.Киев), сеть заводов химического машиностроения РФ и др..

До 1931 года фактически подготовку таких кадров осуществляли только 10 вузов: Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева, Бакинский институт нефти и газа, Иваново-Вознесенский политехнический институт, Горьковский политехнический институт, Грозненский нефтяной институт им. акад. М.Д. Миллионщикова, Казанский химико-технологический институт им. С.М. Кирова, Ленинградский технологический институт им. Ленсовета, Московский институт нефти и газа им. И.М. Губкина, Томский политехнический институт, Уральский политехнический институт. При этом в стране не было специализированного вуза химического машиностроения. Только в 1931 году путем выделения механического факультета из МХТИ им. Д.И. Менделеева был создан специализированный вуз - сначала Московский институт инженеров химического машиностроения, а с 1933 года - Московский институт химического машиностроения (МИХМ), который сосредоточил в своих стенах разработку учебных программ и учебных планов подготовки инженеров-механиков для химического машиностроения. Для полного удовлетворения потребностей химического комплекса страны в инженерных и научных кадрах в целом ряде политехнических вузов начинается с 60-х годов подготовка по специальности "Машины и аппараты химических производств". К таким вузам относились:

1. Бийский технологический институт;
2. Волгоградский политехнический институт;
3. Волжский политехнический институт;
4. Воронежский технологический институт;
5. Донецкий индустриальный институт;
6. Дзержинский политехнический институт;
7. Казахский химико-технологический институт (г. Чемкент);
8. Комсомольский-на-Амуре технический институт;
9. Киевский политехнический институт;
10. Красноярский технологический институт;
11. Кузбасский технологический институт;
12. Московский институт нефти и газа им. И.М. Губкина;
13. Нижнекамский химико-технологический институт;
14. Новомосковский политехнический институт;
15. Пензенский политехнический институт;
16. Пермский политехнический институт;
17. Северодонецкий институт химического машиностроения;
18. Самарский политехнический институт;
18. Сумской филиал Харьковского политехнического института;
19. Тамбовский институт химического машиностроения
20. Тольяттинский политехнический институт;
21. Томский политехнический институт;
22. Уральский политехнический институт;
23. Ухтинский индустриальный институт;
24. Уфимский институт нефти и газа;
25. Череповецкий политехнический институт;
26. Энгельсский технологический институт;
27. Ярославский политехнический институт.

Таким образом, система высшего образования СССР полностью обеспечивала потребность химической промышленности, химического и нефтегазового машиностроения в инженерных и научных кадрах. Многие выпускники наших вузов помогали возводить и эксплуатировать химические, нефтехимические, нефтегазоперерабатывающие предприятия по всему миру. В настоящее время многие вузы переименованы, ряд из них оказался в странах ближнего зарубежья, но они продолжают вести подготовку инженерных и научных кадров для химической промышленности, химического, нефтехимического и нефтегазового машиностроения.

Основную роль в подготовке инженерных и научных кадров, реализации научно-технического прогресса, развитию отрасли химического и смежных подотраслей машиностроения принадлежала и принадлежит наиболее выдающимся педагогам и ученым данных вузов, а также талантливым проектировщикам, конструкторам и организаторам отрасли. Мы сделаем попытку перечислить основную когорту этих специалистов: Абиев Р.Ш., Абрамов В.В., Абрамович И.И., Адамов А.П., Айнштейн В.Г., Аксельрод Л.С., Акулов Н.С., Акутин М.С., Алашкевич э.Д., Александров И.А., АлІшин Н.П., Альперт Л.З., Антипов В.И., Антипов С.Т., Аржаников Н.С., Аристов В.М., Артамонов А.Г., Артоболевский И.И., Архаров А.М., Асланова М.С., Бабаушин М.Н., Баденков П.Ф., Бакластов А.М., Балакирев В.С., Балдин Б.Г., Басов Н.И., Бахирев В.В., Бахтюков В.М., Бекин Н.Г., Белоусов А.М., Беляев П.С., Беляков А.В., Батраков С.э., Беляков В.П., Беренгартен М.Г., Беркман Б.Е., Бирюков В.В., Битюгов В.К., Блиничев В.Н., Болотников Л.Е., Бондарь В.А., Боресков Г.К., Борисов А.Л., Боровков А.И., Бочкарев В.В., Брайнес Я.М., Брехов К.И., Богданов В.В., Бредихин С.А., Бритов В.П., Борщев В.Я., Булатов М.А., Булатов С.Н., Бурдаков А.А., Бурмистров А.В., Бутков В.В., Бутов В.М., Бушуев В.М., Бытиев Д.О., Валеев С.И., Веригин А.Н., Ветошкин А.Г., Виноградов А.И., Виноградов С.Н., Вихман Г.Л., Владимиров А.И., Власов В.В., Волохин С.А., Вольфсон Б.С., Волынец А.З., Волынец А.А., Воробьев Е.И., Выгодин В.А., Вязьмин А.В., Гайнуллин М.Г., Гайнутдинов Р.С., Галактионов В.В., Галустов В.С., Ганеев Р.Ф., Гаряев А.Б., Гатапова Н.Ц., Гарбер э.Н., Гвоздев В.Д., Гдалин С.И., Гельперин Н.И., Гельперин И.И., Генералов М.Б., Генкин А.Э., Гетманцев С.В., Гзовский С.Я., Глебов М.Б., Гликман Л.С., Голованов О.В., Голованчиков А.Б., Голомшток И.С., Голубев Л.Г., Голубков С.В., Гончаров Г.М., Гордеев Л.С., Гордиенко Л.К., Горст А.Г., Гриб В.В., Григорьев В.А., Гринберг Я.И., Гришаев И.Г., Гуль В.Е., Гуляев А.П., Гуревич Д.А., Гусев э.И., Гутин э.В., Гухман А.А., Давидсон Г.М., Даниленко Н.В., Данилов О.Н., Дворецкий С.И., Дворецкий Д.С., Дебердяев Р.Я., Девисилов В.А., Дерягин Б.В., Диков В.А., Дильман В.В., Доманский И.В., Долгунин В.Н., Долинский А.А., Доманский И.В., Домашнев А.Д., Драгунов В.К., Дубинин М.М., Дукельский М.П., Дытнерский э.И., Дьяконов Г.С., Дьяконов С.Г., Ермаков В.И., Ефремов Г.И., Ефремов С.А., Заботин Л.И., Заваров В.А., Зайцев А.И., Загудиллин С.Ф., Закиров М.А., Захаренко В.В., Захаров М.К., Зиновкина Т.В., Зусмановская С.И., ζивайкин Л.Я., ζижин В.В., ζуков А.П., ζуков В.Г., ζуков В.П., Зарудный Л.Б., Зыков Д.Д., Каблов В.Ф., Каган Д.Ф., Казанков э.В., Калекин В.С., Калинчев Э.Л., Калнинь И.М., Канторович З.Б., Капитонов Е.Н., Капранова А.Б., Караваев Н.М., Кардашев Г.А., Карпачева С.М., Карпов В.С., Касаткин А.Г., Каталымов А.В., Ким В.С.-Х., Киприянов э.И., Кирпичев М.В., Классен П.В., Клевлеев В.М., Климов А.М., Климов Б.К., Клинков А.С., Клинов И.Я., Клушин В.Н., Кожевников Б.Е., Козлита А.э., Козулин Н.А., Кокорев Д.Т., Колесников А.Г., Колчков В.И., Кольман-Иванов Э.Э., Кокорев Д.Т., Комарова Л.Ф., Коновалов В.И., Коновалов Д.П., Коптев А.А., Кормильцин Г.С., Корчагин В.И., Косинцев В.И., Костандов Л.А., Костанян А.Е., Кошелева М.К., Красовицкий э.В., Краснопольский В.В., Краснянский М.Н., Криворот А.С., Крикунов Г.С., Круглов С.А., Крупский А.К., Кручинина Н.Е., Крюковский С.С., Ксенофонтов Б.С., Кудрявцев Б.А., Кузеев И.Р., Кузьминых И.Н., Кузнецов А.М., Кулов Н.Н., Кутепов А.М., Лабунцов Д.А., Лагуткин М.Г., Ламбрев В.Г., Ланда А.Ф., Ластовцев А.М., Лащинский А.А., Лебедев В.Д., Лебедев П.Д., Левин А.Н., Леончик Б.И., Леонтьева А.И., Лидоренко Н.С., Листов В.В., Логинов Н.Н., Луганцев Л.Д., Лысак В.И., Любартович А.К., Любартович В.А., Любартович С.А., Лужков э.М., Лукьяненко В.М., Лукьянов П.И., Мазур Г.Л., Мазус М.Г., Мандрыка Е.А., Махутов Н.Д., Майков В.П., Максимовский Б.В., Мальгин А.Д., Малыгин Е.Н., Макаров В.М., Макаров э.И., Маринюк Б.Т., Мартюшин И.Г., Мартынов В.Г., Мезенцев К.В., Меньшутина Н.В., Мизонов В.Е., Микитянский В.В., Минаев Г.А., Минаков А.П., Миненков В.А., Михайличенко А.И., Михайлов А.И., Михалев М.Ф., Мищенко С.В., Моисеев В.Б., Мокрозуб В.Г., Молоканов э.К., Монахов В.Н., Моргулис М.Л., Мотулевич В.П., Муров В.А., Муштаев В.И., Лыков А.В., Лыков М.В., Навроцкий А.В., Навроцкий В.А., Надеинская Е.П., Назаров В.И., Назмеев э.Н., Неделько Л.К., Некрасов э.И., Неровный В.М., Никитина Л.М., Никифоров А.Д., Николаев П.И., Николайчик В.И, Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Новаков И.А., Новиков А.Е., Новиков Д.П., Новиков э.А., Новицкий Б.Ф., Носов Г.А., Олевский В.М., Олейник Л.Н., Осипчик В.С., Остриков А.Н., Островский Г.М., Островский В.М., Павлов В.П., Павлов К.Ф., Павлов Н.В., Панасенко С.Н., Панов С.э., Панфилов В.А., Паршин П.И.., Пахомов А.А.,

Пахомов В.С., Пашков Б.И., Перцев Л.П., Першин В.Ф., Петрик П.Т., Петрокас Л.В., Петрянов-Соколов И.В., Пильский И.Я., Пимштейн П.Г., Плановский А.Н., Покусаев Б.Г., Полищук В.э., Поляков К.А., Поникаров И.И., Поникаров С.И., Поплавский э.В., Попов Б.Г., Попов Н.С., Попов э.П., Приходько В.П., Продан В.Д., Промтов М.А., Пронько В.Г., Пушнов А.С., Радчик Я.Д., Рассказов Н.И., Рахлин З.Н., Рахмилевич З.З., Рачков В.И., Рачковский С.И., Рашковская Н.Б., Рещиков П.М., Родионов А.И., Розанов С.П., Романков П.Г., Рубинин М.В., Рудин М.Г., Рудобашта С.П., Рудской А.И., Румянцев И.И., Румянцев О.В., Русанов А.А., Рутовский Б.Н., Руцкой А.Г., Рыбинский А.Г., Рычков А.И., Рябчук Г.В., Рябцев И.И., Сабирзянов А.Н., Савичев И.П., Сагалаев Г.В., Сагидуллин Г.Г., Сажин Б.С., Сажин В.Б., Саламатов И.И., Салазкин К.А., Самойлов В.А., Самсонов Н.М., Сапожников В.Б., Сарилов М.э., Севастьянов В.С., Семенов П.А., Сербин И.Д., Сидельников И.И., Сиденко П.М., Сидягин А.А., Сидоров В.Н., Симонов-Емельянов И.Д., Скобло А.И., Скопинцев И.В., Скуратов В.К., Слободов Е.Б., Смирнов Г.Ф., Смирнов Л.А., Смирнов Л.В., Соковнин О.М., Соколов В.И., Соколов В.Н., Соколов А.А., Соколов В.С., Соколов С.Н., Соломаха Г.П., Сомин В.А., Стабников В.Н., Степанов А.В., Степанов Р.Д., Степанян А.С., Стороженко П.А., Стоянов О.В., Стрельцов В.В., Сундуков Е.А., Сурис А.Л., Сутягин В.М., Сухарников И.В., Таганов Н.И., Таранцев В.Г., Таранцева К.Р., Таранцев К.В., Таран А.Л., Теляков Э.Ш., Терновский И.Г., Ткачев А.Г., Тимонин А.С., Тиньков О.В., Тихомиров С.М., Тишин О.А., Тищенко И.А., Тодес О.М., Толчинский А.Р., Трифонов С.А., Торуборов Н.Н., Трошкин О.А., Трутнев Н.С., Туголуков Е.Н., Тябин Н.В., Ужов В.Н., Уйманов Е.В., Ульянов В.М., Усенко Т.Т., Усюкин И.П., Ушаков Б.С., Федосов С.В., Файнерман И.А., Фарамазов А.С., Филин Н.В., Фокин А.П., Фокин А.Ф., Фролов К.В., Фролов В.Ф., Харин П.А., Холпанов Л.П., Хоменко А.А., Цюрупа Н.Д., Черненко В.И., Чернобыльский И.И., Чехов О.С., Чистов В.И., Чичев А.Н., Чичаев В.П., Чичинев Н.А., Чохонелидзе А.Н., Чувпило А.В., Чупин э.Н., Чучкин Г.В., Шаповалов э.Н., Шаталов А.А., Шацилло В.Г., Шахова Н.А., Шевченко А.А., Шеин В.С., Шерстюк А.Н., Шерышев М.А., Шидловский А.А., Шинкоренко В.И., Шкоропад Д.Е., Шорин С.Н., Шубин В.С., Шургальский Э.Ф., бапов Н.П., белкунов В.А., бупляк И.А., бурин К.В., эдин В.А., эрченко Б.Д., Ясонов В.Н. и многие другие.

Фактически химическое машино- и аппаратостроение по уровню своего развития является четвертым технологическим укладом, атомная энергетика уже перешла в пятый технологический уклад, поэтому использует при разработки всего спектра технологического оборудования самые передовые наработки в области математики, физики, химии, цифровой техники, материаловедения и многое другое. Однако для достижение итоговых результатов госкорпорацией "Росатом" используются наработки и потенциал научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов связанных с химических машино- и аппаратостроением - это АО "НИИхиммаш" (г. Москва), ОАО "СвердНИИхиммаш", ОАО "ИркутскНИИхиммаш, сеть заводов химического машиностроения страны, ВИАМ, ВИМС, ВИРГ, ВСЕГЕИ, ВТЦЭМ, Лаборатория υ2, НИИ-9, НИИ-13, ОКБ-11, ОКБ-12, ОКБ "Гидропресс", Промстальконструкция, завод "Уралмаш", завод υ12, завод υ92, ЦКТИ, Теплоконтроль, ЭНИН. Но за более, чем 75-летний путь развития атомной промышленности были созданы совершенно новые научно-исследовательские и проектно- конструкторские организации или модернизированы существовавшие к началу Атомного проекта СССР, как НИЦ "Курчатовский институт", ОАО "НИКИЭТ", ОКБМ "Африкантов", АО "ГНЦ НИИАР", ГКАЭ ОКБ "Гидропресс", сеть проектных институтов ВГНИПИ "Атомэнергопроект", РФЯЦ "ВНИИЭФ", РФЯЦ "ВНИИТФ", ОАО "ВНИПИЭТ", ОАО "ТВЭЛ", РИАН, ГЕОХИ, ВНИИНМ, ФГБУ "Петербургский институт ядерной физики", ФГУП "Радиевой институт им. В.Г.Хлопина", ФГУП ФНПЦ "ПО "Старт им М.В.Проценко", ФГУП "ГНЦ РФ Физико-энергетический институт им. А.И.Лейпунского", ФГУП "ПО "Маяк", ФТИ им. А.Ф.Иофе, ОАО "Атомэнергомаш" и ряд других предприятий, связанных с получением ядерного топлива для атомной энергетики. Большой вклад в развитии отрасли вносят атомные энергетические станции, которые на практике отрабатывают наработки научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, особых конструкторских бюро машиностроения.

Подготовку инженерных и научных кадров, реализации научно-технического прогресса, технологическое развитие отрасли осуществляет Ассоциация вузов "Консорциум опорных вузов ГК "Росатом". К числу таких вузов относятся: НИЯУ "МИФИ", Воронежский ГУ, Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, НИУ "Казанский ГЭУ", НИУ "МГТУ им. Н.Э. Баумана", НИУ "МФТИ", НИУ "МГСУ", НИУ "НГУ им. Н.И. Лобачевского", НИТУ "МИСиС", НИУ "Томский ПУ", НИУ "МЭИ", НГТУ им. Р.Е. Алексеева, РХТУ им. Д.И. Менделеева, НИУ "СПбГТИ" (ТУ), НИУ " СПбПУ им. Петра Великого", Севастопольский ГУ, НИУ "УФУ-УПИ". Огромный вклад в становление и развитие атомной энергетики внесли и вносят филиалы НИЯУ "МИФИ": БИТИ НИЯУ "МИФИ", ВИТИ НИЯУ "МИФИ", ДИТИ НИЯУ "МИФИ", ИАТЭ НИЯУ "МИФИ", ОТИ НИЯУ "МИФИ", СарФТИ НИЯУ

"МИФИ", СТИ НИЯУ "МИФИ", СФТИ НИЯУ "МИФИ", ТИ НИЯУ "МИФИ", ТТИ НИЯУ "МИФИ". Кроме того, существенный вклад в развитие научной базы атомной энергетики вносят классические университеты страны. Координация всей деятельности научно-исследовательский, проектно-конструкторских организаций и предприятий, занятых с выполнением программ отрасли и подготовкой для этой отрасли инженерный и научных кадров занимается ГК "Росатом" (Генеральный директор Лихачев А.Е.).

Достижение этой высоко технологичной отрасли связана со следующими именами наших выдающихся ученых, проектировщиков, конструкторов и государственных деятелей: Абрамов А.А., Абрамов М.А., Авдеев В.И., Аврорин Е.Н., Агеев А.Г., Агрес М.М., Адамов Е.О., Адель И.Б., Акимов В.С., Акимов П.А., Александров А.А., Александров А.П., Александров А.С., Александров С.П., Алексеев Н.В., АлІхин Л.А., Алиханов А.И., АлфІров В.И., Ампелогова Н.И., Андреев В.С., Андрианов С.Г., Антропов П.Я., Аношин В.М., Антонов Б.В., Аникеев А.В. Апель П.э., Апенов Э.Г., Архипов Н.Н., Арцимович Л.А., Асмолов В.Г., Африкантов И.И., Бабаев э.Н., Бабкин А.Н., Багдасаров э.Е., Балакин В.А., Балановский В.П., Баранов В.И.. Барбашина И.С., Барковский В.Б., Бать Г.А., Белозеров Б.В., Белоусов Н.И., Белоцерковский О.М., Белугин В.А., Бельтюков В.А., Белобородов В.В., Берия Л.П., Беляев А.Н., Билык Б.И., Благов А.Е., Богословская Г.П., Боресков Г.К., Бессонов В.Н., Боболев В.К., Борисов А.А., Борисов Н.А., Боровинский В.А., Бородин В.А., Бочвар А.А., Бродский А.И., Брохович Б.В., Будкер Г.И., Будников В.А., Будов В.М., Бурдаков Н.С., Бурназян А.Н., Буслаев э.А., Бухтояров В.Н., Буянов В.М., Бых О.А., Бычков С.А., Ванников Б.Л., Варламов В.И., Варшалович Д.А., Василевский В.П., Васильев А.И., Васильев А.Н., Васильев И.А., Васильев М.Я., Васильев э.С., Вахрушев С.Б., Виноградов А.П., Виноградов М.В., Велихов Е.П., Вернадский В.И., Вознесенский Н.А., Волков А.С., Вольский А.Н., Воробьев А.И., Воронин Л.М., Гавриков А.В., Гагарин Г.П., Гладков В.П., Гладышев М.В., Георгиевский П.К., Герасимов В.В., Герлинг Э.К., Гильмутдинов А.Х., Гинзбург В.Л., Голованов э.Н., Головнин И.С., Гончаров Г.А., Гордиенко э.С., Горобец Б.С., Горчаков С.Е., Горшков э.А., Горюнов С.В., Гринберг А.А., Григорьев В.А., Григорьев И.Ф., Громов Б.В., Гончаров Г.А., Горский А.В., Гуревич И.И., Гусаров В.В., Гусев В.Ф., Гусенков А.В., Данилова Е.Н., Даренских О.Г., Дарьин И.В., Денисов э.В., Дедов А.В., Дмитриев Н.А., Дмитриев С.А., Дмитриев С.М., Добия П.Г., Долгих В.И., Доллежаль Н.А., Доильницын В.А., Драгунов э.Г., Дубовицкий Ф.И., Дударев А.С., Духов Н.Л., Егоров Л.В., Егоров Н.Н., Егорычев В.э., Елян А.С., Емельянов В.С., Емельянов И.Я., Ермолина Г.М., Ершова З.В.. ʒаворонков Н.М., ʒелнин А.П., ʒиганин А.В., Елян А.С., Забабахин Е.И., Завенягин А.П., Загорец П.А., Займовский А.С., Залесский Г.Т., Зарембо В.И., Захаренков А.Д., Зверев Д.Л. Звягинцев О.Е., Зельдович Я.Б., Зернов П.М., Зефиров А.П., Зильберман Я.И., Зинченко В.П., Золотуха С.И., Ибрагимов Ш.Ш., Иванов С.В., Игнатенко Е.И., Игнатов В.И., Ижутов А.Л., Изгарышев Н.А., Илькаев Р.И., Иоффе А.Ф., Ипатов П.Л., Ишукова Л.П., Казанцев В.Д., Калашников В.В., Каллистову А.Н., Калюжный В.П., Камболов М.А., Каменских И.М., Канышев М.э., Карасев В.Б., Каржавин В.А., Карлов Н.В., Карпов Н.Б., Карпов Н.Ф., Каторгин Б.И., Кафтанов С.В., Квасников Л.Р., Келдыш М.В., Кикоин И.К., Кириенко С.В., Кириллов-Угрюмов В.Г., Кириллов П.Л., Кирюшин А.И., Коваль ʒ.А., Ковальчук М.В., Ковтанюк П.И., Козлов Н.С., Козлов О.С., Козюря А., Колобашкин В.М., Клочков Е.П., Комаровский А.Н., Комлев Л.В., Конопасевич Е.В., Константинов Б.П., Копырин А.А., Корсаков В.Г., Корсаков С.Н., Костюков В.Е., Котов С.А., Коченов А.С., Кошкин э.Н., Крамеров А.Я., Кремер С.Д., Кондратьев В.Н., Корнфельд М.И.. Котин П.Б., Кошкин э.Н., Кржижановский Г.М., Кружилин Г.И., Кудрявцев Н.Н., Кудряшов Н.А., Кузин И.А., Кузнецов И.К., Кукушкин э.Н., Кульба э.В., Курдюмов Г.В., Курчатов И.В., Кушнарев М.С., Лавданский П.А., Лаверов Н.П., Лаврентьев О.А., Ландау Л.Д., Легасов В.А., Лейпунский А.И., Лейпунский О.И., Леонов А.Г., Лифшиц Е.М., Лимаренко В.И., Лисицин Н.В., Лихачев А.Е., Логиновский Ф.Е., Ломинидзе Дж. Г., Лубенский П.А., Мажуга А.Г., Магомедбеков Э.П., Маленков Г.М., Малых э.А., Малышев И.И., Мальцев М.М., Мандельштам Л.И., Маргулова Т.Х., Марчук Г.И., Маслов В.А., Матвеенко Л.В., Махнев В.А., Меерсон Г.А., Меркин В.И., Меркулов М.С., Мешков А.Г., Мигдал А.Б., Мигулин В.В., Миллионщиков М.Д., Мирзамахмудов ʒ.Т., Митенков Ф.М., Митрофанов Г.В., Михайлов В.Н., Михальченко Г.А.. Михан В.И., Мишенков Г.В., Молчанов А.В., Морачевский А.Г., Музруков Б.Г., Муравьев А.В., Мурашев И.В., Мурин И.В., Мусакин А.П., Мустафан М.Р., Мясников В.В., Мясоедов Б.Ф., Мясоедов Н.Ф., Нагорнов О.В., Нагорный Г.М., Нарайкин О.С., Негин Е.А., Несис А.Н., Несмеянов Ал. Н., Нечаев А.Ф., Нечаев В.Д., Нечай В.З., Никитин Б.А., Никитин э.М., Никифоров А.С., Никулин С.А., Нифонтов Р.В., Новиков И.И., Новинский Э.Г., Новосельский О.э., Новоселов А.Е., Носач э.Ф., Обозов С.А., Овчинников В.А., Оленин э.А., Омельчук В.В., Онуфренко С.В., Оный Б.Н., Орещенко А.С., Орлов В.Н., Панасюк И.С., Панов э.К., Панчев С.С., Паршуков В.А., Пащенко А.Ф., Первухин М.Г., Пергаменщиков Б.К., Перевезенцев В.В., Перегуда В.И., Персинен

А.А., Петржак К.А., Петров А.Э., Петросьянц А.М., Петрунин В.В., Петрухин А.А., Петрянов-Соколов И.В., Пищевицкий Б.И., Плановский А.Н., Поваров В.П., Погожин Н.С., Подлазов Л.Н., Подобаев А.Н., Плохий Т.Г., Померанцев Г.Б., Померанчук И.Я., Попов Э.А., Проценко М.В., Прояев В.В., Птицын Б.В., Пучков Л.В., Пяртман А.К., Пятов Е.А., Работнов Э.Н., Рассохин Н.Г., Реформатская И.И., Решетников Ф.Г., Рисованный В.Д., Рогалев Н.Д., Рогинский С.З., Рогожин А.П., Розенкевич М.Б., Романенко О.Е., Романовский В.Н., Рудской А.И., Русанов Л.И., Рухадзе А.А., Рыбальченко И.Л., Рябев Л.Д., Рябиков В.М., Савелов А.С., Савченко В.П., Садовский М.А., Сажин Н.П., Сакович Е.В., Самарцев А.Г., Самойлов А.Г., Самойлов Б.С., Самойлович Д.М., Санду Р.А., Сапрыкин В.А., Сапрыкина Е.И., Сахаров А.Д., Сахаровский Э.А., Светлов С., Святкин М.Н., Седов В.М., Семенов Н.А., Семенов Н.Н., Семенов С.М., Семова Р.В., Семушин А.М., Сенин Е.В., Сергеев А.М., Сергеев В.В., Сидоренко В.А., Сидоров И. В., Сидоров И.И., Симановский Э.М., Синельников К.Д., Синицын Е.Н., Синяев Н.М., Скоров Д.М., Славский Е.П., Слинько М.Г., Смолин В.Н., Соболев С.Л., Солонин В.И.,Сорокин Н.М., Сохина Л.П., Станюкович К.П., Старик И.Е., Стариков В.А., Старинов И.Г., Степанов В.М., Стриханов М.Н., Стырикович М.А., Судариков Б.Н., Сюняев Р.А., Тагеев Н.В., Тамм И.Е., Тарасов М.А., Татарыки С.В., Таушканов В.П., Теверовский Е.Н., Текстер Е.Н., Терновский И.А., Титов В.Ф., Тихомиров Г.В., Тихонов А.Н., Толмачев П.И., Топчиев Э.И., Топчиян Р.М., Точилин С.Б., Трапезников А.А., Трутнев Э.А., Турчин Н.Я., Фарафонов В.А., Федоров М.П., Федоров Н.И., Федосеев В.В., Федякин В.А., Фейнберг Е.Л., Фейнберг С.М., Феклисов А.С., Феоктистов Е.А., Феоктистов Л.П., Ферсман А.Е.. Филимонов М.В., Фитин П.М., Флеров Г.Н., Фок В.А., Фомин А.В., Фортов В.Е., Франк-Каменецкий Д.А., Фурсов В.С., Хазин А.Б., Халатников И.М., Халтурин Г.В., Харитон Э.Б., Хетагуров Я.А., Хлопин В.Г., Холопов К.Г., Хомяков Э.С., Христианович С.А., Царевский М.М., Цветков Э.В., Цыканов В.А., Чекмарев А.М., Черепанов А.А., Черкашов Э.М., Черников А.А., Черноплеков Н.А., Черняев И.И., Чечеткин З.И., Чирков Б.Н., Шальников А.И., Шальнов А.В., Шведов В.П., Шевелев Я.В., Шевчик А.П., Шмелев Д.Н., Шевченко В.Б., Шевченко В.И., Шевченко В.И., Шишин В.Э., Шишов А.В., Ситухин В.Р., Шпинель В.С., Шустов Д.А., Шутиков А.В., Белкин К.И., Бепкин С.И., Бербаков Д.И., Эсакия Н.М., Эрченко Д.С., Ягодин Г.А., Якименко Л.М., Яковлев А.А., Яковлев Э.В. Якушев М.Ф., Яцков А.А., и многие другие. Здесь приведен список наиболее выдающихся ученых, проектировщиков, конструкторов и государственных деятелей, разведчиков, которые создали основу отечественной атомной энергетики и продолжают поддерживать ее потенциал на мировом уровне. Реально данную отрасль создавали сотни тысяч специалистов и рабочих нашей страны, всем им низкий поклон за их самоотверженный труд. Очевидно, данная отрасль первой в стране в ближайшем будущем шагнет в шестой технологический уклад.

Справочник состоит из четырех томов. Первый том содержит сведения об основных конструкционный материалах, их свойствах, выпускаемом сортаменте, упрочняющих и анти-коррозионный покрытиях, методах выполнения неразъемных соединений (сварка, пайка, склеивание, развальцовка), элементной базе типового технологического и природоохранного оборудования, методах нормативных расчетов на прочность основных элементов оборудования. Второй том содержит сведения об основном отечественном технологическом и природоохранном оборудовании. Третий том включает сведения о промышленной трубопроводной арматуре, насосах, вентиляторах, газо- и воздуходувках, вакуумном оборудовании, широко применяемых в технологических и природоохранных системах. Четвертый том посвящен конструированию основного оборудования ядерных энергетических комплексов, при этом анализируются тепловые и принципиальные схемы АЭС (АТЭС), представляется спектр конструкционный материалов, которые используются в оборудовании ядерных энергетических комплексов, а также представляется широкий спектр конструкций ТВЭЛов, ПЭЛов, ТВС, ядерных реакторов, теплообменного и сепарационного оборудования, главных циркуляционных насосов, программных комплексов для расчета основного оборудования, нормативно-техническая документации, регламентирующей разработку данного оборудования.

Справочник будет весьма полезен при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также курсовых работ для вузов, входящие в следующие ФУМО по УГСН: 15.00.00 - "Машиностроение", 18.00.00 - "Химические технологии", 20.00.00 - "Техносферная безопасность и природообустройство", 14.00.00 - "Ядерная энергетика и технологии".

Авторы выражают особую благодарность профессорам Петрунину В.В., В.Н. Блиничеву, и С.И. Поникарову, рецензентам справочника, советы и замечания которых существенно улучшили содержание и форму справочника.

Сперва исправления этих изданий, учитывая зеленый цвет и цвет ключ ключ этих данных и выпускаемых в ближайшем будущем. Замечания и предложения направлять в адрес timoVivas@mail.ru, или. А.д.Рсбиблиотек.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНА7ЕНКЯ

α — угол,…°;
α_T — коэффициент линейного расширения, 1/°С;
Δ — перемещение, м;
$\delta_{ц}$ — прогиб вала в точке крепления элемента от единичной поперечной силы, приложенный в том же сечении, м;
$\delta_{цф}$ — то же, приложенный в сечении *j*, м;
μ — коэффициент Пуассона;
τ — касательное напряжение, МПа;
$\tau_{в}$ — время, с;
ω — угловая скорость, рад/с;
ρ — плотность, кг/м³;
υ — линейная скорость, м/с;
σ — нормальные напряжения, МПа;
[ ] — допускаемое значение при расчетной температуре;
$[\ ]_р$ — допускаемое значение из условия устойчивости;
$[\ ]_\delta$ — допускаемое значение из условия прочности;
$[\ ]_E$ — эквивалентное значение из условия устойчивости;
$a_н$ — ударная вязкость, Дж/см²;
b — ширина, м;
$b_п$ — ширина прокладки, м;
c — общая прибавка, м;
c_1 — прибавка для компенсации коррозии, м;
c_2 — прибавка для компенсации минусового допуска, м;
c_3 — технологическая прибавка, м;
D, d — диаметры, м;
f — коэффициент трения;
E — модуль продольной упругости, МПа;
e — эксцентриситет, м;
F — площадь, м²;
F — сила, Н;
G — сила тяжести, Н;
g — ускорение свободного падения, м²/с;
H, h — высота, м;
I — осевой момент инерции плоской фигуры, м;
P — масса, кг;
J — момент инерции вращающихся масс, кг·м²;
$/, l$ — длина, м;
M — момент силы, Н·м;
Q — коэффициент запаса прочности;
Q — частота вращения, с⁻¹;
$И$ — мощность, Вт;
Q_X — коэффициент устойчивости;
p — давление, МПа;
P — осевая сила, Н;
q — линейная нагрузка, Н/м;
Q — поперечная сила, Н;
R, r — радиусы, м;
R_A, R_B — реакция опор, Н;
s — толщина стенки, м;
t — температура, °С;
Δt — разность температур, °С;
T — время, с;
V — объем, м³;
W — момент сопротивления плоской фигуры, м³;
z — число деталей.

ЭЄТ§КСє

б — болт, шпилька (по смыслу);
в — по пределу временного сопротивления;
д — действительное;
е` — эквивалентное значение;
и — испытания;
к — корпус, крышка;
п — прокладка;
пр — приведенное значение;
см — смятия;
ср — среднее;
т — по пределу текучести;
т — трубы;
у — условное;
ф — фланец;
о — начальное значение;
R — расчетное значение.

7АСТЬ I

КОНСТРУКЦКОННЫЕ МАТЕРКАЛЫ В ТЕХНОЛОГК7ЕСКОМ МАШКНОСТРОЕНКК

ГЛАВА 1

ТРЕБОВАНИЯ, МРЕДЬЯВЛЯЕМЫЕ К КОНСТРУК¡ИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИ ЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специфические условия работы технологической аппаратуры, характеризуемые диапазоном давлений от глубокого разрежения (вакуума) до избыточных давлений порядка 25О МПа и выше, большим интервалом рабочих температур от –254 до +1ООО °С и выше при агрессивном воздействии среды, предъявляют высокие требования к выбору конструкционных материалов проектируемой аппаратуры.

Наряду с обычными требованиями высокой коррозионной стойкости в определенных агрессивных средах к конструкционным материалам, применяемым в технологическом аппаратостроении, одновременно предъявляются также требования высокой механической прочности, жаростойкости и жаропрочности, сохранения удовлетворительных пластических свойств при высоких и низких температурах, устойчивости при знакопеременных или повторных однозначных нагрузках (циклической прочности), малой склонности к старению и др.

В расчетах на прочность технологической аппаратуры конструктору часто приходится учитывать общую равномерную по поверхности коррозию металлов и сплавов, для чего необходимо знать проницаемость материала в *мм/год* при заданных рабочих условиях агрессивной среды (концентрация, температура, давление). Она учитывается при выборе величины прибавки на коррозию к рассчитанной толщине стенки аппарата. В ряде случаев при конструировании технологической аппаратуры необходимо учитывать также и другие виды коррозионного разрушения материалов. Например, в химических аппаратах, выполненных из кислотостойкой стали и находящихся под постоянным повышенным давлением, при совместном действии коррозионной среды и растягивающих напряжений в ряде случаев наблюдается коррозионное растрескивание металла, происходящее обычно внезапно без видимых изменений материала. Это явление не имеет места при наличии в металле напряжений сжатия. Кроме того, коррозионное растрескивание происходит в небольшом количестве агрессивных сред и зависит от величины давления и температуры. Известно, что ускоренное растрескивание аппаратуры из кислостойких сталей, находящейся под постоянно действующей нагрузкой, имеет место в растворах ИаCl, $MgCl_2$, $ZИCl_2$, LiCl, H_2S, морской воде и т.д. Латуни обнаруживают склонность к коррозионному растрескиванию в среде аммиака.

Для технологической аппаратуры химических и нефтехимических производств преимущественно применяются конструкционные материалы, стойкие и весьма стойкие в агрессивных средах. Материалы пониженной стойкости применяются в исключительных случаях, когда доказана целесообразность использования их вместо стойких, но более дорогих и дефицитных материалов.

При выборе материалов для аппаратов, работающих под давлением при низких и высоких температурах, необходимо учитывать, что механические свойства материалов существенно изменяются в зависимости от температуры. Как правило, прочностные свойства металлов и сплавов повышаются при низких температурах и понижаются при высоких.

При статическом приложении нагрузки важными характеристиками для оценки прочности материала являются предел текучести $\sigma_т$ (или условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ или $\sigma_{1,0}$) и предел прочности $\sigma_в$. Упругие свойства металлов характеризуются значениями модуля упругости Е и коэффициентом Пуассона μ.

Указанные характеристики являются основными при расчетах на прочность деталей аппаратуры, работающей под давлением при низких (от –4О до –254 °С), средних (от +2ОО до –4О °С) и высоких (выше +2ОО °С) температурах.

Для работы при низких температурах по нормам Ростехнадзора следует выбирать металлы, у которых порог хладоломкости лежит ниже заданной рабочей температуры. Однако в химической промышленности на протяжении многих лет безаварийно эксплуатируется при рабочих температурах до –4О °С большое количество аппаратов, трубопроводов, арматуры, насосов и другого оборудования, изготовленных из углеродистой стали обыкновенного качества и из серого или ковкого чугуна, т.е. из материалов, имеющих ударную вязкость KCU при указанной температуре менее 2О Дж/см^2.

Поэтому при выборе металла для работы при низких температурах следует исходить не только из величины ударной вязкости, но также учитывать величину и характер приложенной нагрузки (статическая, динамическая, пульсирующая), наличие и характер концентраторов напряжений и чувствительность металла к надрезам, начальные напряжения в конструкции, способ охлаждения металла (за счет содержащегося в аппарате хладоносителя или за счет окружающей среды).

При статическом приложении нагрузки в ряде случаев допускается изготовление аппаратов из металлов, приобретающих хрупкость при пониженных рабочих температурах, но не имеющих дефектов, нарушающих однородность структуры и способствующих концентрации напряжений. Технология изготовления аппаратов из таких материалов должна исключать возможность возникновения высоких начальных напряжений в конструкции. К таким аппаратам можно отнести свободно опирающиеся емкости для жидких и газообразных продуктов, содержащихся в них под небольшим избыточным давлением, металлоконструкции неответственного назначения и др.

При динамическом приложении нагрузки, кроме указанных выше характеристик, необходимо учитывать также и величину ударной вязкости $a_н$. Для многих углеродистых и легированных сталей ударная вязкость при низких температурах (обычно ниже –10 °С) резко понижается, что исключает применение этих материалов в таких условиях. Ударная вязкость для большинства цветных металлов и сплавов (медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы, никель и его сплавы), а также хромоникелевых сталей аустенитного класса при низких температурах, как правило, уменьшается незначительно и пластические свойства этих материалов сохраняются на достаточно высоком уровне, что и позволяет применять их при рабочих температурах порядка до –254 °С.

Для оборудования, подверженного ударным или пульсирующим нагрузкам и предназначенного для работы при низких температурах, следует применять металлы и сплавы с ударной вязкостью KCU не ниже 30 Дж/см^2 при рабочих температурах. Для деталей, имеющих концентраторы напряжений (болты, шпильки), рекомендуются материалы, у которых при рабочей температуре величина ударной вязкости KCU не менее 40 Дж/см^2.

При высокой температуре наблюдается значительное снижение основных показателей, характеризующих прочностные свойства металлов и сплавов. Кроме того, поведение металлов под нагрузкой при высоких температурах резко отличается от их поведения при нормальной температуре внутри производственных помещений. Предел прочности $\sigma_В$ и предел текучести $\sigma_Т$ зависят от времени пребывания под нагрузкой и скорости нагружения, так как с повышением температуры металл из упругого состояния переходит в упругопластическое и под нагрузкой непрерывно деформируется (явление ползучести). Температуры, при которых начинается ползучесть, у разных металлов различны. Для углеродистых сталей обыкновенного качества ползучесть наступает уже при температурах выше 375 °С, для низколегированных сталей — при температурах выше 525 °С, для жаропрочных — при еще более высоких температурах.

С увеличением времени пребывания металла под нагрузкой характеристики прочности уменьшаются тем значительнее, чем выше температура эксплуатации оборудования. Поэтому при расчете на прочность аппаратов, работающих длительное время при высоких температурах, допускаемые напряжения определяют по отношению к условному пределу ползучести $\sigma_{пл}$ или по пределу длительной прочности $\sigma_{дл}$. Для химической аппаратуры допускаемая скорость ползучести принимается $\leq 10^{-7}$ мм/мм·ч (10^{-5} % в год), для крепежных деталей — $\leq 10^{-9}$ мм/мм·ч (10^{-7} % в год).

Понижение механических свойств при высоких температурах обусловлено происходящими в металле структурными и фазовыми превращениями. К структурным изменениям такого рода можно отнести явление графитизации углеродистой и молибденовой сталей, образование ферритной фазы в хромоникелевых сталях и др., присущие последним при длительной работе металла в условиях высокой температуры. В ряде случаев стабильность структуры стали в течение длительного срока службы оборудования удается обеспечить путем термической обработки стали. В большинстве случаев для аппаратуры, предназначенной для работы при высоких температурах, применяются специальные марки жаропрочных сталей, характеризуемых достаточной механической прочностью и стабильностью структуры при высоких температурах. Наряду с жаропрочностью эти металлы должны обладать жаростойкостью, т.е. способностью противостоять коррозионному воздействию среды в условиях длительной работы материала при высоких температурах. При непрерывном процессе окалинообразования рабочее сечение металла уменьшается, что приводит к повышению рабочего напряжения и ухудшению условий безопасной эксплуатации оборудования.

Некоторые детали аппаратуры (болты, шпильки, пружины и др.) вследствие повышения пластичности металла при высоких температурах работают в условиях постепенного снижения напряжений, вызванных первоначально приложенной нагрузкой (затягом), при сохранении геометрических размеров (явление релаксации напряжений). Расчет таких деталей следует производить на предварительную нагрузку (затяг), обеспечивающую на заданный период времени остаточную нагрузку, необходимую для нормальной работы конструкции.

При выборе конструкционных материалов для технологической аппаратуры необходимо также учитывать физические свойства материалов (теплопроводность, линейное температурное расширение), а также некоторые другие соображения технико-экономического порядка, такие как: технология изготовления аппаратуры, дефицитность и стоимость материала, наличие стандарта или утвержденных технических условий на его поставку, освоенность материала промышленностью и др.

Создаваемая конструкция технологической аппаратуры должна быть не только технически совершенной, отвечающей всем требованиям современного уровня машиностроения, но и технологичной в изготовлении, экономичной. Так как стоимость изделия в значительной мере определяется стоимостью примененных для его изготовления материалов, то при всех прочих равных условиях предпочтение должно быть отдано более дешевым и менее дефицитным материалам.

В технологическом аппаратостроении основным способом выполнения металлических неразъемных соединений является сварка и в ряде случаев пайка. Хорошая свариваемость металлов является одним из основных и необходимых условий, определяющих пригодность материала для создаваемой конструкции. Необходимо также стремиться к максимально возможному, без ущерба для конструкции, сокращению номенклатуры применяемых марок материалов и типоразмеров.

Аппаратуру не рекомендуется изготовлять целиком из дорогостоящих и дефицитных материалов. Технико-экономическая нецелесообразность применения монолитных толстолистовых высоколегированных сталей и цветных металлов не вызывает сомнения. Коррозии обычно подвержена лишь внутренняя поверхность аппаратов. Для обеспечения амортизационного срока службы аппарата достаточен слой коррозионностойкого металла толщиной в несколько миллиметров. Таким образом, представляется целесообразным изготовлять аппаратуру для активных коррозионных сред из двухслойного проката, облицовочный слой которого может быть выполнен из требуемого коррозионностойкого металла или сплава. Например, вместо монолитной толстолистовой нержавеющей стали 12Х18Н1ОТ или 1ОХ17Н13М2Т целесообразно применять двухслойную листовую сталь 16ГС + 12Х18Н1ОТ или Ст3сп5 + 1ОХ17Н13М2Т.

В настоящее время металлургической промышленностью освоен ряд новых марок высоколегированных сталей с малым содержанием никеля, которые и рекомендуется применять в технологическом аппаратостроении в качестве заменителей дефицитных хромоникелевых сталей или сталей с большим содержанием никеля. К таким сталям относятся О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т и др.

Для активных коррозионных сред наиболее целесообразно изготовление технологической аппаратуры из неметаллических материалов: природных кислотоупоров, керамики, фарфора, стекла, углеграфитовых материалов, пластических масс (фаолита, полиэтилена, винипласта и др.) или из углеродистой стали, покрытой кислотостойкими эмалями, резиной или пластмассами (для соответствующих сред, давления и температуры).

В последнее время в конструировании технологической аппаратуры все большее применение находят композиционные материалы, которые по механической прочности превосходят даже качественные стали, а по коррозиционной стойкости не уступают керамике, стеклу и эмалям.

Таким образом, при конструировании технологической аппаратуры к конструкционным материалам должны предъявлять следующие требования:

1) достаточная общая химическая и коррозионная стойкость материала в агрессивной среде с заданными концентрацией, температурой и давлением, при которых осуществляется технологический процесс, а также стойкость против других возможных видов коррозионного разрушения (межкристаллитная коррозия, электрохимическая коррозия сопряженных металлов в электролитах, коррозия под напряжением и др.);

2) достаточная механическая прочность при заданных давлении и температуре технологического процесса, с учетом специфических требований, предъявляемых при испытании аппаратов на прочность, герметичность и т.п. и в эксплуатационных условиях при действии на аппараты различного рода дополнительных нагрузок (ветровая нагрузка, прогиб от собственного веса и т.д.);

3) наилучшая способность материала свариваться с обеспечением высоких механических свойств сварных соединений и коррозионной стойкости их в агрессивной среде, обрабатываться резанием, давлением, подвергаться сгибу и т.п.;

4) низкая стоимость материала, недефицитность и освоенность его промышленностью. Необходимо стремиться применять двухслойные стали, неметаллические материалы, стали с покрытиями из неметаллических материалов. Номенклатура применяемых материалов как по наименованию, маркам, так и по сортаменту должна быть минимальной с учетом ограничений, предусматриваемых ведомственными нормами и действующими на заводах-изготовителях инструкциями;

5) качество, химический состав и механические свойства материалов и полуфабрикатов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и ТУ и быть подтверждены сертификатами заводов-поставщиков. При отсутствии сертификатов все необходимые испытания должны быть проведены на заводе-изготовителе аппарата;

6) возможность простой утилизации при выработке сроков эксплуатации оборудования, узлов и деталей.

ГЛАВА k

СТАЛИ

Сталь является наиболее распространенным конструкционным материалом при изготовлении технологического и природоохранного оборудования. Она обладает хорошей прочностью, весьма технологична при обработке и изготовлении полуфабрикатов, обладает низкой стоимостью по отношению к другим конструкционным материалам, выдерживает высокие температуры и агрессивное воздействие коррозионноактивных сред. Для изготовления стальных аппаратов применяются следующие стали в виде полуфабрикатов:

– сталь углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 38О, поставляемая в виде листового, сортового и фасонного проката, труб, поковок и т. д., по степени раскисления — спокойная (сп), полуспокойная (пс), реже — кипящая (кп);
– сталь качественная углеродистая конструкционная, поставляемая в виде листового проката по ГОСТ 552О и в виде сортового проката и труб по ГОСТ 1О5О;
– сталь низколегированная (с содержанием легирующих элементов до 2,5 %), поставляемая в виде листового проката по ГОСТ 552О и ГОСТ 19282, сортового и фасонного проката, труб и поковок по ГОСТ 19281;
– сталь легированная конструкционная (с содержанием легирующих элементов до 1О %), поставляемая в виде сортового проката, труб и поковок по ГОСТ 4543;
– сталь теплоустойчивая по ГОСТ 2ОО72, поставляемая в виде листового и сортового проката и труб;
– стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные по ГОСТ 5632, поставляемые в виде листового проката, труб и поковок;
– стали и сплавы с особыми свойствами, поставляемые в виде листового и сортового проката и труб по специальным ТУ;
– стали двухслойные, поставляемые в виде листового проката по ГОСТ 1О885 и специальным ТУ с основным слоем из углеродистых, низколегированных и легированных сталей и плакирующим слоем из коррозионностойких материалов;
– отливки из конструкционной, нелегированной и легированной сталей, поставляемые по ГОСТ 977.

В табл. 2.1 приведены подразделение сталей и сплавов на классы в соответствии с ГОСТ 34347.

Обозначения в марках стали: Г — марганец, С — кремний, Х — хром, Н — никель, М — молибден, В — вольфрам, Ф — ванадий, Т — титан, Д — медь, Ю —алюминий, Б — ниобий, Р — бор, А — азот (в конце обозначения не ставятся). Наличие в конце обозначения буквы А обозначает высококачественную сталь, а Ш (через дефис) — особо высококачественную.

Таблица 2.1

Подразделение сталей и сплавов на классы (ГОСТ 34347)

Класс стали и сплава	Марка стали и сплава
Углеродистый	Ст3, Ст4, 1О, 2О, 15К, 16К, 18К, 2ОК, 2ОКА, 2ОЮч, 2ОПВ, 22К
Низколегированный марганцовистый, марганцево-кремнистый	О7ГФБ-У, О9Г2, О9Г2С, О9Г2БТ, О9Г2СЮЧ, О9ГСНБЦ, О9ХГН2АБ, О9ХГ2СЮЧ, О9ХГ2НАБЧ, 1ОГ2, 1ОГ2БТ, 1ОГ2ФБ, 1ОГ2ФБЮ, 1ОГ2С1, 1ОГ2С1Д, 1ОХСНД, 13Г1С-У, 14Г2, 15ХСНД, 15Г2СФ, 16ГС, 16ГМЮЧ, 17ГС, 17Г1С, Е32, Е36, Е4О, В, Д32, Д36, Д4О, К52
Хромомолибденовый, хромомолибденованадиевый	12МХ, 12ХМ, 12Х1МФ, 15ХМ, 1Х2М1, 2ОХ2МА, 15Х2МФА-А, 12Х2МФА, 1ОХ2М1А-А
Мартенситный	15Х5, 15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8, 12Х8ВФ, 2ОХ13, 13Х9М, 12Х13, 2ОХ13
Ферритный	О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т
Аустенитный	О2Х18Н11, О2Х8Н22С6, О3Х18Н11, О3Х17Н14М3, О3Х19АГ3Н1О, О3Х21Н21М4ГБ, О7Х13АГ2О, О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, О8Х17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, 1ОХ14Г14Н4Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н1ОТ, 12Х18Н12Т
Аустенитно-ферритный	О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т, О8Х18Г8Н2Т, 15Х18Н12С4ТЮ
Аустенитно-мартенситный	О7Х16Н6
Сплавы на железоникелевой основе	О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, О5ХН32Т

k.1. ЛИСТОВАЯ СТАЛЬ

Из листовой стали изготовляются корпусы (обечайки), днища, фланцы, различные тарелки, трубные решетки и многие другие детали аппаратов. Листовой прокат — основной материал для большинства аппаратов.

Рекомендуемые материалы, технические требования, виды испытаний и условия применения листовой стали в зависимости от рабочих параметров приведены в табл. 2.2 для листовой стали, в табл. 2.3 — для двухслойной листовой стали.

При заказе углеродистых сталей обыкновенного качества по ГОСТ 14637, углеродистых и низколегированных сталей по ГОСТ 552О должна указываться категория стали.

При заказе сталей по ГОСТ 552О необходимо требовать поставку стали с содержанием серы и фосфора не более О,О35 %, а сталей марки 2О К категорий 5 и 11 — поставку в нормализованном состоянии.

Листовую углеродистую сталь марки Ст3сп и двухслойную сталь с основным слоем и стали марки Ст3сп толщиной более 25 мм и марки Ст3Гпс толщиной более 3О мм допускается применять при условии проведения испытаний металла на ударный изгиб на предприятии — изготовителе аппарата или сосуда. Испытания на ударный изгиб следует проводить на трех образцах. При этом величина ударной вязкости KCU должна быть не менее: 5О Дж/см^2 (5 кгс×м/см^2) при температуре +2О ^{o}С; 3О Дж/см^2 (3 кгс×м/см^2) при температуре –2О ^{o}С и после механического старения, а на одном образце допускается величина ударной вязкости не менее 25 Дж/см^2 (2,5 кгс×м/см^2).

Листовая сталь толщиной листа более 6О мм, предназначенная для сосудов и аппаратов, работающих под давлением более 1О МПа (1ОО кгс/см^2), должна подвергаться на предприятии — поставщике металла ультразвуковому контролю или другими равноценными методами.

В табл. 2.4 и 2.5 приведены основные механические свойства листовых и двухслойных сталей. Механические свойства двухслойных сталей соответствуют механическим свойствам их основного слоя при одинаковых рабочих условиях.

Химический состав нержавеющих сталей и сплавов приведен в табл. 2.6., а рекомендации по применению легированных нержавеющих сталей и сплавов приведены в табл. 2.7.

Для изготовления аппаратов применяется листовой прокат, состав и размеры которого приведены в табл. 2.1О–2.13.

Сталь листовая обозначается словом «Лист», затем дробью, в числителе которой указываются размеры листа в миллиметрах (толщина × ширина × длина), затем указывается ГОСТ 199О3 (для горячекатаной) или ГОСТ 199О4 (для холоднокатаной), а в знаменателе — марка стали (с указанием категории или состояния материала и качества поверхности) и указывается ГОСТ технических требований (ГОСТ 38О, ГОСТ 552О, ГОСТ 5582 или ГОСТ 735О). Для сталей коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных в числителе перед размерами листа указываются через тире точность проката (А или Б), вид кромки (НО или О), неплоскостность (ПН, ПУ или ПВ). Двухслойная сталь обозначается словом «Лист», затем — дробью, в числителе которой указываются размеры листа в миллиметрах (толщина × ширина × длина), затем указывается ГОСТ 1О885, а в знаменателе — марка основного слоя + марка плакированного слоя.

Рекомендации по применению жаростойких сталей и сплавов, а также жаропрочных сталей и сплавов преведены в табл. 2.8 и 2.9.

Таблица 2.2

Материалы листового проката

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Ст3сп, Ст3пс, Ст3Гпс, Ст3Гсп по ГОСТ 38О	ГОСТ 14637, категория 4	–2О до +2ОО	5	ГОСТ 14637, полистно при температуре стенки свыше 2ОО°С	1, 1О
Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп по ГОСТ 38О	ГОСТ 14637, категория 3	От О до +2ОО			
Ст3сп, Ст3пс, Ст3Гпс, Ст3Гсп по ГОСТ 38О	ГОСТ 14637, категория 5	От –2О до +425		ГОСТ 14637, полистно при температуре стенки свыше 2ОО°С	1, 9, 1О
Ст4сп по ГОСТ 38О	ГОСТ 14637, категория 3	От О до +2ОО			1, 2

Продолжение табл. 2.2

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
О8кп по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 9О45; ГОСТ 1577	От – 4О до +425	Не ограничено	ГОСТ 9О45; ГОСТ 1577	3
1О895 по ГОСТ 3836	ГОСТ 3836	От – 6О до +475		ГОСТ 3836	
2О по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 1577	От – 2О до +425		ГОСТ 1577, полистно при температуре стенки свыше 2ОО°С	4
2ОК по ТУ 14-1-4О88	ТУ 14-1-4О88	От – 2О до +475		ТУ 14-1-4О88, полистно при температуре стенки свыше 2ОО°С	9
16К, 18К, 2ОК, 22К по ГОСТ 552О	ГОСТ 552О, категория 5, 21	От – 2О до +2ОО		ГОСТ 552О	5, 13, 14
	ГОСТ 552О, категория 3	От О до +2ОО			
	ГОСТ 552О, категория 18	От О до +475			5, 9, 13, 14
	ГОСТ 552О, категории 11, 17	От – 2О до +475			
22К по ТУ 3О2.О2.О92	ТУ 3О2.О2.О92	От – 2О до +35О		ТУ 3О2.О2.О92 [19]*	—
2ОКА по ТУ О5764417-О13	ТУ О5764417-О13	От – 4О до +475		ТУ О5764417-О13 [2О]*	9
2ОЮч по ТУ 14-1-4853	ТУ 14-1-4853	От – 4О до +475		ТУ 14-1-4853 [21]*	—
17ГС, 17Г1С, 16ГС, О9Г2С, 1ОГ2С1 по ГОСТ 552О	ГОСТ 552О, категория 6	От – 4О до +2ОО		ГОСТ 552О	5, 13
	ГОСТ 552О, категории 3, 5	От – 3О до +2ОО			
О9Г2С, 1ОГ2С1 по ГОСТ 552О	ГОСТ 552О, категория 7	От – 5О до +2ОО			5, 6, 8, 13
	ГОСТ 552О, категория 8	От – 6О до +2ОО			
	ГОСТ 552О, категория 9	От – 7О до +2ОО			
17ГС, 17Г1С 16ГС, О9Г2С, 1ОГ2С1 по ГОСТ 552О	ГОСТ 552О, категории 12, 17, 22	От – 4О до +475			5, 7, 9, 13, 14
О9Г2С, 1ОГ2С1 по ГОСТ 552О	ГОСТ 552О, категории 14, 17	От – 6О до +475			5, 9, 13, 14
О9Г2С, 1ОГ2С1 по ГОСТ 552О	ГОСТ 552О, категории 15, 17	От – 7О до 475			5, 6, 8, 9, 14
О9Г2С, О9Г2СА по ТУ 3О2.О2.122	ТУ 3О2.О2.122	От – 7О до +475		ТУ 3О2.О2.122 [22*]	9
17ГС, 17Г1С, 16ГС, О9Г2С, О9Г2, 1ОГ2С1 по ГОСТ 19281	ГОСТ 19281, категория 1	От – 3О до +2ОО		ГОСТ 19281	11, 12, 2О
17ГС, 17Г1С, 16ГС, 14Г2, О9Г2С, О9Г2, 1ОГ2С1 по ГОСТ 19281	ГОСТ 19281, категория 3	От – 4О до +2ОО			

Продолжение табл. 2.2

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
17ГС, 17Г1С, 16ГС, 14Г2, О9Г2С, О9Г2, 1ОГ2С1 по ГОСТ 19281	ГОСТ 19281, категория 12	От – 4О до +475	Не ограничено	ГОСТ 19281	9, 11, 12, 2О
О9Г2С по ГОСТ 19281	ГОСТ 19281, категория 4	От – 5О до +2ОО			11, 12, 2О
	ГОСТ 19281, категория 5	От – 6О до +2ОО			
	ГОСТ 19281, категория 6	От – 7О до +2ОО			
	ГОСТ 19281, категория 15	От – 7О до +475			9, 11, 12, 2О
О9Г2С по ТУ14-1-5265	ТУ 14-1-5265	От – 4О до +475		ТУ 14-1-5265	9
О9Г2СЮч, О9ХГ-2СЮч по ТУ 14-1-5О65	ТУ 14-1-5О65	От – 7О до +475		ТУ 14-1-5О65	
О9ГСНБЦ по ТУ О5764417-О13; ТУ 14-1-53О7; ТУ 14-1О5-845	ТУ О5764417-О13 ТУ 14-1-53О7; ТУ 14-1О5-845	От – 4О до +35О		ТУ О5764417-О13 ТУ 14-1-53О7; ТУ 14-1О5-845	
О9ХГН2АБ по ТУ О5764417-О13; ТУ 14-1-53О7; ТУ 14-1О5-845	ТУ О5764417-О13 ТУ 14-1-53О7; ТУ 14-1О5-845	От – 6О до +35О		ТУ О5764417-О13; ТУ 14-1-53О7; ТУ 14-1О5-845	
15Г2СФ по ГОСТ 19281	ГОСТ 19281, категории 12, 9	От – 4О до +35О		ГОСТ 19281	11, 12, 2О
	ГОСТ 19281, категории 13	От – 5О до +35О			
15Г2СФ по ТУ 14-1-45О2 [27]*	ТУ 14-1-45О2	От – 6О до +35О		ТУ 14-1-45О2	—
О9Г2ФБ, 1ОГ2ФБ, О9Г2БТ, 1ОГ2БТ, О7ГФБ-у по ТУ 14-1-4О83	ТУ 14-1-4О83	От – 6О до +2ОО		ТУ 14-1-4О83	
1ОХСНД, 15ХСНД по ГОСТ 19281	ГОСТ 19281, категория 3	От – 3О до +2ОО		ГОСТ 19281	11, 12, 2О
	ГОСТ 19281, категория 4	От – 4О до +2ОО			
Е32, Е36, Е4О по ГОСТ 5521	ГОСТ 5521	От – 4О до 2ОО		ГОСТ 5521	—
В по ГОСТ 5521		От О до +2ОО			
Д32, Д36, Д4О по ГОСТ 5521		От – 2О до +2ОО			
16ГМЮч по ТУ 14-1-4826	ТУ 14-1-4826	От – 4О до +52О		ТУ 14-1-4826	
12МХ по ГОСТ 2ОО72	ТУ 14-1-5О93; ТУ 1О8-1263	От О до +54О		ТУ14-1-5О93; ТУ 1О8-1263	
12ХМ по ГОСТ 552О; ТУ 14-1-5О93; ТУ 3О2.О2.О31	ГОСТ 552О категория 3; ТУ 14-1-5О93; ТУ 3О2.О2.О31	От О до +2ОО		ГОСТ 552О; ТУ 14-1-5О93; ТУ 3О2.О2.О31	—
	ГОСТ 552О категория 18	От О до +56О		ГОСТ 552О	

Продолжение табл. 2.2

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А, (1ОХ2М1А-ВД, 1ОХ2М1А-Ш) по ТУ 3О2.О2.121	ТУ 3О2.О2.121	От О до +56О	Не ограничено	ТУ 3О2.О2.121	22
1ОХ2М1А-А по ТУ 3О2.О2.128	ТУ 3О2.О2.128			ТУ 3О2.О2.128	
15Х5М по ГОСТ 2ОО72; ТУ О9ОО-ОО1-339О2О54	ГОСТ 735О; ТУ 14-1-2657; ТУ О9ОО-ОО1-339О2О54	От О до +65О		Группа М2б по ГОСТ 735О; ТУ 14-1-2657; ТУ О9ОО-ОО1-339О2О54	15, 19
15Х2МФА-А по ТУ 3О2.О2.О14	ТУ 3О2.О2.О14	От О до +56О		ТУ 3О2.О2.О14	22
12Х2МФА по ТУ 1О8.131	ТУ 1О8.131	От О до +5ОО		ТУ 1О8.131	
12Х1МФ по ГОСТ 552О	ГОСТ 552О	От О до +57О		ГОСТ 552О	—
1ОХ14Г14Н4Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582	От –196 до +5ОО		Группа М2б по ГОСТ 735О; группы М2а и М3а по ГОСТ 5582	15, 19
О8Х22Н6Т, О8Х21Н-6М2Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582	От –4О до +3ОО			
О3Х19АГ3Н1О по ТУ 14-1-2261	ТУ 14-1-2261	От –196 до +45О		ТУ 14-1-2261	—
О3Х21Н21М4ГБ по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О	От –7О до +45О		Группа М2б по ГОСТ 735О	15, 19
О8Х18Г8Н2Т по ГОСТ 5632		От –2О до +3ОО	5		
О7Х13АГ2О по ТУ 14-1-3342	ТУ 14-1-3342	От –7О до +3ОО		ТУ 14-1-3342	—
О8Х18Н1О по ГОСТ 5632	ГОСТ 5582; ТУ 14-1-3199	От –253 до +6ОО	Не ограничено	Группы М2а и М3а по ГОСТ 5582; ТУ 14-1-3199	15, 16, 19
О8Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582; ТУ 14-1-3199; ТУ 14-1-478О; ТУ 14-1-2542	От – 253 до +61О		Группа М2б по ГОСТ 735О; группы М2а и М3а по ГОСТ 5582; ТУ 14-1-3199; ТУ 14-1-478О; ТУ 14-1-2542	15, 19
		Св. 61О до +7ОО	5		
О8Х18Н12Б по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О	Св. 61О до +7ОО		Группа М2б по ГОСТ 735О	
		От –196 до +61О	Не ограничено		
О3Х18Н11 по ГОСТ 5632, О3Х18Н11-ВО по ТУ 14-1-5142	ГОСТ 5582; ТУ 14-1-5142	От –253 до +45О		ТУ 14-1-5142; группы М2а и М3а по ГОСТ 5582	—
О2Х18Н11-ВО по ТУ 14-1-5142	ТУ 14-1-5142	От –253 до +45О		ТУ 14-1-5142	
15Х18Н12С4ТЮ по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ТУ 14-1-3669	От – 2О до 2ОО	2,5	ГОСТ 735О; ТУ 14-1-3669	15, 19

Продолжение табл. 2.2

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
12Х18Н9Т, 12Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582; ТУ 14-1-3199; ТУ 14-1-2542; ТУ 1О8-93О; ТУ 14-1-394	От – 253 до 35О	Не ограничено	Группа М2б по ГОСТ 735О; Группы М2а и М3а по ГОСТ 5582; ТУ 14-1-3199; ТУ 14-1-2542; ТУ 1О8-93О; ТУ 14-1-394	15, 16, 19
		Св. 35О до 61О			
		Св. 61О до 7ОО			
О8Х17Н13М2Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-1-394; ГОСТ 735О	От – 253 до 35О		ТУ 14-1-394; ГОСТ 735О	15, 19
		Свыше 35О до 6ОО			15, 16, 19
1ОХ17Н13М2Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582	От – 253 до 35О		Группа М2б по ГОСТ 735О; группы М2а и М3а по ГОСТ 5582	15, 19
		Св. 35О до 7ОО			15, 16, 19
1ОХ17Н13М3Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582; ТУ 14-1-394	От – 196 до 35О		Группа М2б по ГОСТ 735О; ТУ 14-1-394; группы М2а и М3а по ГОСТ 5582	15, 19
		Свыше 35О до 6ОО			15, 16, 19
О8Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О	От – 196 до 35О		Группа М2б по ГОСТ 735О	15, 19
		Св. 35О до 6ОО			15, 16, 19
О3Х17Н14М3 по ГОСТ 5632; О2Х17Н14М3-ВИ, О3Х17Н14М3-ВИ по ТУ 14-1-5О71	ТУ 14-1-5О71	От – 196 до 45О		ТУ 14-1-5О71	—
О3ХН28МДТ, О6ХН-28МДТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582	От – 196 до 4ОО		Группы М2б по ГОСТ 735О; группы М2а и М3а по ГОСТ 5582	15, 19
О5ХН32Т по ТУ 14-1-625	ТУ 14-1-625	От – 7О до 9ОО		ТУ 14-1-625	—
О8Х13 по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О; ГОСТ 5582	От – 4О до 55О	О,О5	Группа М2б по ГОСТ 735О; Группы М2а и М3а по ГОСТ 5582	15, 16, 17, 19, 21
О8Х13, 12Х13, 2ОХ13 по ГОСТ 5632	ГОСТ 735О	От – 4О до 55О	Не ограничено	Группа М2б по ГОСТ 735О	18
О8Х17Т по ГОСТ 5632		От О до 7ОО	1,6		15, 19
15Х25Т по ГОСТ 5632		От О до 1ООО			
О7Х16Н6 по ТУ 14-1-2735	ТУ 14-1-2735	От – 4О до 35О	Не ограничено	ТУ 14-1-2735	—

Приме чания.

1. Ограничения по толщине: для сталей марок Ст3сп и Ст3пс категории 3 - не более 4О мм, категорий 4, 5 - не более 25 мм; для сталей марок Ст3Гсп и Ст3Гпс категории 3 - не более 4О мм, категорий 4, 5 - не более 3О мм; для стали марки Ст4сп категории 3 - не более 4О мм.
2. Для трубных решеток, а также деталей внутренних устройств и других неответственных конструкций.
3. Для прокладок. Прокладки толщиной не более 2 мм допускается применять при температуре среды до – 7О°С.
4. Листовой прокат по ГОСТ 1577 должен поставляться с выполнением требований 4.2.3, 4.2.4, 4.2.6, 4.2.11, 4.2.12, 4.3.1О, 4.3.13, 5.3 (с указанием всех видов проведенных испытаний).

5. Механические свойства листов по ГОСТ 552О толщиной менее 12 мм проверяют на листах, взятых от партии.
6. Для сосудов из стали марки 1ОГ2С1, работающих под давлением, температура стенки должна быть не ниже – 6О°С.
7. При толщине листов более 6О мм и менее 12 мм применяют сталь категории 12.
8. Допускается применение стали марки 1ОГ2 по ГОСТ 1577 при температурах стенок от – 7О до – 4О°С с техническими требованиями для стали марки О9Г2С в этом температурном интервале.
9. Испытание на механическое старение проводят в том случае, если при изготовлении сосудов, имеющих температуру стенки свыше 2ОО°С, сталь подвергается холодной деформации (вальцовке, гибке, отбортовке и др.).
1О. При толщине листов менее 5 мм допускается применение сталей по ГОСТ 14637 категории 2 вместо сталей категорий 3, 4. При толщине листов менее 7 мм допускается применение сталей по ГОСТ 14637 категорий 3, 4 вместо категории 5.
11. Листовой прокат следует поставлять с обязательным выполнением требований ГОСТ 19281 [подпункты 5.2.1.1, 5.2.1.2, 5.2.1.4, 5.2.1.5, 5.2.1.6, пункты 5.2.5 (нормализация).
12. Листы, поставляемые по ГОСТ 19281, должны быть испытаны полистно при температуре стенки ниже – 3О°С, выше 2ОО°С или при давлении более 5 МПа при толщине листа не менее 12 мм.
13. При толщине листов менее 5 мм допускается применение сталей по ГОСТ 552О категории 2 вместо сталей категорий 3-17. При толщине листов менее 7 мм допускается применение сталей по ГОСТ 552О категории 3 вместо категории 18, категории 6 - вместо категорий 12, 17.
14. Допускается применение сталей марок 16К, 18К, 2ОК по ГОСТ 552О категории 1О вместо категории 18; стали марок 16ГС, О9Г2С по ГОСТ 552О категорий 12, 14, 15 (в зависимости от температуры стенки, если она ниже О°С) вместо стали категории 17.
15. Допускается применение проката по ГОСТ 735О с качеством поверхности по группам М3б и М4б при условии, что в расчете на прочность должны быть учтены глубина залегания дефектов и –овые отклонения.
16. Для сред, не вызывающих межкристаллитную коррозию.
17. Для изделий толщиной до 12 мм.
18. Для изготовления деталей, не подлежащих сварке.
19. Прокат должен быть заказан в соответствии с требованиями 4.2.3 ГОСТ 34347.
2О. При заказе проката толщиной до 32 мм включительно класс прочности должен быть 325, 345; при толщине более 32 мм класс прочности - 265, 295.
21. Для внутренних, не подлежащих сварке деталей сосудов, допускается применение стали марки О8Х13 по ГОСТ 5632 при температуре стенки от – 6О°С до плюс 55О°С.
22. Для каждой плавки определяют фактор J

$$J = (Si + МИ)\,(P + SИ) \cdot 1О^4 \;\text{"}\; 100\,,$$

где концентрация элементов указана в %.

Указанные ТУ Действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Таблица 2.3

Сталь листовая двухслойная

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Ст3сп4 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н-13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН-28МДТ по ГОСТ 1О885	ГОСТ 1О885	От –2О до +2ОО	5	ГОСТ 1О885	1, 3, 7
Ст3сп3 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н-13М2Т, О8Х17Н15М3Т, по сплава О6ХН28МДТ ГОСТ 1О885		От О до +2ОО			
Ст3сп5 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н-13М2Т, О8Х17Н15М3Т, по сплава О6ХН28МДТ ГОСТ 1О885		От –2О до +425			1, 3, 5, 7
2ОК категории 5, 21 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885		От –2О до +2ОО	Не ограничено		
2ОК категории 3 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н-13М3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885		От О до +2ОО			
2ОК категории 18 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н-13М3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, по сплава О6ХН28МДТ ГОСТ 1О885		От О до +475			1, 2, 3, 5, 7
2ОК категории 11, 17 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885		От –2О до +475			1, 2, 3, 5, 7
22К с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ по ТУ О5764417-О41	ТУ О5764417-О41	От –2О до +475		ТУ О5764417-О41	5, 7
О9Г2С категории 7 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н-13Н3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т,	ГОСТ 1О885	От –5О до +2ОО		ГОСТ 1О885	1, 2, 3, 4, 5, 7

сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885					

Продолжение табл. 2.3

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
О9Г2С категории 8 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н-13Н3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885		От –6О до +2ОО	Не ограничено	ГОСТ 1О885	1, 2, 3, 4, 5, 7
О9Г2С категории 9 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н-13Н3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885	ГОСТ 1О885	От –7О до +2ОО		ГОСТ 1О885	1, 3, 4, 5, 7
16ГС, О9Г2С категории 6 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885		От –4О до +2ОО			
16ГС, О9Г2С категории 3 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н-13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885		От –3О до +2ОО			
16ГС, О9Г2С категорий 14, 17 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, сплава О6ХН28МДТ по ГОСТ 1О885		От –6О до +475			1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
О9Г2С, О9Г2С-Ш, О9Г2СА с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ по ТУ О5764417-О41	ТУ О5764417-О41	От –6О до +475		ТУ О5764417-О41	5, 7
12МХ категории 18 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н-13М2Т, О8Х17Н15М3Т, по сплава О6ХН28МДТ ГОСТ 1О885	ГОСТ 1О885	От О до +54О		ГОСТ 1О885	1, 5, 7
12ХМ категории 18 с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н-13М2Т, О8Х17Н15М3Т, по сплава О6ХН28МДТ ГОСТ 1О885		От О до +56О			
15Г2СФ с плакирующим слоем из сталей марок О8Х13, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н-15М3Т по ТУ 14-1-4212	ТУ 14-1-4212	От –4О до +35О		ТУ 14-1-4212	1, 5, 7

Продолжение табл. 2.3

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
2ОК с плакирующим слоем из по сплава НМжМц 28-2,5-1,5 ГОСТ 1О885	ГОСТ 1О885	От –2О до +425	Не ограничено	ГОСТ 1О885	1, 3, 5, 7
12ХМ с плакирующим слоем из стали марки О8Х18Н1ОТ по ГОСТ 1О885; ТУ О5764417-О41	ГОСТ 1О885; ТУ О5764417-О41	От О до +56О		ГОСТ 1О885; ТУ О5764417-41	1, 5, 7

Приме чания.

1. При заказе двухслойного проката по ГОСТ 1О885 необходимо требовать выполнения 2.13 (неразрушающий контроль) и 2.16 (испытание на срез) указанного стандарта.
2. Двухслойный прокат с коррозионно-стойким слоем из сталей аустенитного класса и сплавов может применяться при температуре стенки, не превышающей максимально допустимую температуру для стали основного слоя, если толщина плакирующего слоя не превышает 15% общей толщины, но не более 8 мм. Допускается применение двухслойного проката с толщиной плакирующего слоя более 15% при температуре стенки до 2ОО°С либо при подтверждении расчетом на прочность.
3. Требования к основному слою двухслойного проката должны соответствовать таблице 2.2.
4. Допускается применение двухслойного проката с основным слоем из сталей марок 16ГС, О9Г2С по ГОСТ 19281. Категории сталей и параметры применения должны соответствовать таблице 2.2.
5. Испытания проводят полистно на предприятии – поставщике металла при температуре стенки ниже – 3О°С или выше плюс 2ОО°С при давлении более 5 МПа при толщине листа не менее 12 мм.
6. Для двухслойного проката с основным слоем из стали марки О9Г2С нижний температурный предел применения –7О°С.
7. Допускается применение двухслойной стали по ТУ 188О-ОО2-1519О236 и ТУ О995-175-ОО22О3О2 на параметры, указанные в таблице Б.1 для соответствующих марок стали.

Указанные ТУ Действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Механические свойства листовой стали (справочное)

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* – диаметр оправки, *a* – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	—20	— 40	— 70			
Ст3кп2 ГОСТ 380; ГОСТ 14637	ГОСТ 14637	Горяче-катаное	До 20 Св. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	235 (24) 225 (23) 215 (22) 195 (20)	360—460 (37—47)	27 26 24 24	—	—	—	—	—	—	—
Ст3пс2; Ст3сп2 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			До 20 Си. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	245 (25) 235 (24) 225 (23) 205 (21)	370—480 (38—49)	26 25 23 23	—	—	—	—	—	—	—
Ст3сп4; Ст3пс4 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			До 20 Св. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	245 (25) 235 (24) 225 (23) 205 (21)	370—480 (38—49)	26 25 23 23	—	39(4) при s=5—9 мм; 29(3) при s=10—30 мм	—	—	—	—	—
Ст3Гпс4 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			До 20 Со. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	245 (25) 235(24) 225 (23) 205 (21)	370—490 (38—50)	26 25 23 23	39(4) при s=5—9 мм 29(3) при s=10—30 мм	—	—	—	—	*d* =0,5a при s≤20 мм: *d* =1,5a при s>20 мм	—

Продолжение таблицы **2.4**

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
Ст3пс3: Ст3сп3 ГОСТ 380; ГОСТ 14637	ГОСТ 14637	Горяче-катаное	До 20 Св. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	245 (25) 235 (24) 225 (23) 205 (21)	370—480 (38—49)	26 25 23 23	78(8) при s=5—9 мм; 69(7) при s=10—25 мм;	—	—	—	—	—	—
Ст3Гпс3 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			До 20 Св. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	245 (25) 235 (24) 225 (23) 205 (21)	370—490 (38—50)	26 25 23 23	49 (5) при s=26—40 мм	—	—	—	—	—	—
Ст3сп5: Ст3пс5 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			До 20 Св. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	245 (25) 235 (24) 225 (23) 205 (21)	370—480 (38—49)	26 26 23 23	—	39(4) при s=5—9 мм; 29(3) при s=10—25 мм	—	—	39(4) при s=5—9 мм; 29(3) при s=10—25 мм	d =0,5a при s≤20 мм:	—
Ст3пс5 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			До 20 Св. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	245 (25) 235 (24) 225 (23) 205 (21)	370—490 (38—50)	26 25 23 23	—	39(4) при s=5—9 мм; 29(3) при s=10—30 мм	—	—	39(4) при s=5—9 мм; 29(3) при s=10—30 мм	d =1,5a при s >20 мм	—

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* – диаметр оправки, *a* – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
Ст4сп3 ГОСТ 380; ГОСТ 14637	ГОСТ 14637	Горячекатаное	До 20 Св. 20 до 40 Св. 40 до 100 Св. 100	265 (27) 255 (26) 245 (25) 235 (24)	410—530 (42—54)	24 23 21 21	69(7) при s =5—9 мм; 59(6) при s=10—25 мм; 39(4) при s=26—40 мм	—	—	—	—	—	—
О8кп ГОСТ 1050	В. Г., группа III по ГОСТ 9045	Холоднокатаное термически обработанное	0,5—1,5 1,5—2,0 2,0—3,0		255—363 (26—37)	26 28 30	—	—	—	—	—	—	—
20ЮЧ ТУ 14-1-4853—90	ТУ 14-1-4853—90	Горячекатаное	10—160	235 (24)	410 (42)	23	—	—	49 (5)	—	29 (3)	*d* = 1,5*a* при s<30 мм; *d* = 2*a* при s >30 мм	—
Ст3пс ГОСТ 380	Группа 1 по ТУ 14-1-3023—80	—	До 10 Св. 10 до 20	235 (24)	360 (37) 350 (36)	24 23	—	—	—	—	—	—	—
	Группа 2 по ТУ 14-1-3023—80	—	До 10 Св. 10 до 20	275 (28) 265 (27)	370 (38) 350 (36)	24 23	—	—	—	—	—	—	—
Ст3сп; Ст3Гпс ГОСТ 380	Группа 1 по ТУ 14-1-3023—80 гр. 1	—	До 10 Св. 10 до 20	245 (25) 235 (24)	370 (38) 360 (37)	24 23	—	—	—	—	—	—	—
	Группа 2 по ТУ 14-1-3023—80	—	До 10 Св. 10 до 20	275 (28) 265 (27)	385 (39) 370 (38)	24 23	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм²), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм²), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см² (кгс×м/см²), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* – диаметр оправки, *a* – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
15Г2СФ ГОСТ 19281	ГОСТ 19281	Горячекатаное или термически обработанное	До 10 Св. 10 до 40	390 (40)	510 (52)	19	—	—	44 (4,5) 39 (4)	34 (3,5) 29 (3)	29 (3)	*d* =2a	—
15Г2СФ ТУ 14-1-4502—88	ТУ 14-1-4502—88	Термически обработанное	34—50	392 (40)	548 (55)	18	59 (6)	—	34 (3,5)	29 (3) при –60 °С	—	—	—
10Х2ГНМА-А ТУ 108.11.928—87	ГОСТ 108.11.928	Термически обработанное	20—50 51—80 81—100 111—240	461 (47) 441 (45) 412 (42) 353 (36)	608 (62) 568 (58) 549 (56) 490 (50)	18	98 (10) 78 (8)	—	39 (4)	39 (4) 29 (3)	—	*d* =2a *d* =2,5a *d* =3a	—
10Х2ГНМ ТУ 14-1-5117—92	ТУ 14-1-5117—92	Нормализация + отпуск	10—20 21—50 51—80 81—110 111—200	530 (54) 460 (47) 430 (44) 410 (42) 335 (34)	640 (65) 590 (60) 570 (58) 550 (56) 490 (50)	18	98 (10) 98 (10) 78 (8) 78 (8) 78 (8)	—	39 (4) 39 (4) 39 (4) 39 (4) 39 (4)	39 (4) 29 (3)	—	*d* =2a *d* =2a *d* =2,5a *d* =3a *d* =3a	—
10Х2ГНМ ТУ 14-1-5117—92	ТУ 14-1-5117—92	Закалка + отпуск	10—20 21—50 51—80 81—110 111—200	590 (60) 540 (55) 510 (52) 490 (50) 440 (45)	740 (75) 685 (70) 645 (66) 630 (64) 570 (58)	18	98 (10) 98 (10) 78 (8) 78 (8) 78 (8)	—	39 (4)	78 (8) 78 (8) 39 (4) 39 (4) 29 (4)	—	*d* =2a *d* =2a *d* =2,5a *d* =3a *d* =3a	—
16ГМЮЧ ТУ 14-1-4826—40	ТУ 14-1-4826—90	Термически обработанное	—	275 (28)	450 (46)	20	59 (6)	—	29 (3) при —50°С	—	—	—	—

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
18К-3 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Нормализованное	До 20 От 21 до 40 От 41 до 60	275 (28) 265 (27) 255 (26)	431—519 (44—53)	20	59 (6)	—	—	—	—	—	—
18К-5 ГОСТ 5520			До 20 От 21 до 40 От 41 до 60	275 (28) 265 (27) 255 (26)			—	29 (3)	—	—	—	—	—
18К-11 ГОСТ 5520			До 20 От 21 До 40 От 41 до 60	275 (28) 265 (27) 255 (26)			—	29 (3)	—	—	29 (3)		—
20К-3 ГОСТ 5520			До 20 От 21 до 40 От 41 до 60	245 (25) 235 (24) 225 (23)	402—509 (41—52)	25 24 23	59 (6) 54 (5,5) 49 (5)	—	—	—	—	—	—
20К-5 ГОСТ 5520		Без нормализации	До 20 От 21 до 40 От 41 до 60	245 (25) 235 (24) 225 (23)		25 24 23	—	29 (3)	—	—	—	d =1,5а при s ≤30 мм	—

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
20К-11 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Без нормализации	До 20 От 21 до 40 От 41 до 60	245 (25) 235 (24) 225 (23)		25 24 23	—	29 (3)	—	—	29 (3) 24 (2,5) 24 (2,5)	d =2,5a при s >30 мм	—
20К ТУ 14-1-3922—75; ТУ 14-1-4088—86	ТУ 14-1-3922—75	Горячекатаное	60—160	205 (21)	392 (40)	20	49 (5)	—	—	—	29 (3)	d =2a	—
	ТУ 14-1-4088—86		4—20 21—40 41—60	245 (25) 230 (23,5) 225 (23)	410—520 (41—52)	25 24 23	—	29 (3)	—	—	—		—
22К ГОСТ 5520; ТУ 108.11. 543—80	ГОСТ 5520	При толщине до 35 мм термически обработанное или без термической обработки; при толщине не более 35 мм — без термической обработки	До 60 Св. 60	265 (27) 255 (26)	431—590 (44—60)	22	58 (6)	—	—	—	29 (3)	d =2a при s≤70 мм	—

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
16К-3 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Нормализованное	До 20 21—40 41—60	255 (26) 245 (25) 235 (24)	402—490 (41—50)	22	69 (7)	—	—	—	—	—	—
16К-5 ГОСТ 5520			До 20 21—40 41—60	255 (26) 245 (25) 235 (24)			—	29 (3)	—	—	—	— d =2a	—
16К-11 ГОСТ 5520			До 20 21—40 41—60	255 (26) 245 (25) 235 (24)			—	29 (3)	—	—	34 (3,5)	—	—
16ГС-3 ГОСТ 5520		Горячекатаное или термически обработанное	До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—100	325 (33) 325 (33) 315 (32) 295 (30) 285 (29) 275 (28)	490 (50) 490 (50) 480 (49) 470 (48) 460 (47) 450 (46)	21	59 (6)	—	—	—	—	—	—
16ГС-6 ГОСТ 5520			До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—100	325 (33) 325 (33) 315 (32) 295 (30) 285 (29) 275 (28)	490 (50) 490 (50) 480 (49) 470 (48) 460 (47) 450 (46)	21	—	—	— 39 (4) 29 (3) 29 (3) 29 (3) 29 (3)	—	—	—	—

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
16ГС-17 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Термически обработанное	До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—100	325 (33) 325 (33) 315 (32) 295 (30) 285 (29) 275 (28)	490 (50) 490 (50) 480 (49) 470 (48) 460 (47) 450 (46)	21	—	—	— 39 (4) 29 (3) 29 (3) 29 (3) 29 (3)	—	—	d =2a	Предел текучести не менее: 230 МПа при 250°С, 200 МПа при 300°С, 180 МПа при 350°С, 160 МПа при 400°С
09Г2С-3 ГОСТ 5520		Горячекатаное или термически обработанное	До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—80 81—160	345 (35) 345 (35) 325 (33) 305 (31) 285 (29) 275 (28) 265 (27)	490 (50) 490 (50) 470 (48) 460 (47) 450 (46) 440 (45) 430 (44)	21	— 64 (6,5) 59 (6) 59 (6) 59 (6) 59 (6) 59 (6)	—	—	—	—	—	—
09Г2С-6 ГОСТ 5520			До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—80 81—160	345 (35) 345 (35) 325 (33) 305 (31) 285 (29) 275 (28) 265 (27)	490 (50) 490 (50) 470 (48) 460 (47) 450 (46) 440 (45) 430 (44)	21	—	—	— 39 (4) 34 (3,5) 34 (3,5) 34 (3,5) 34 (3,5) 34 (3,5)	—	—	—	—

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
09Г2С-7, 8, 9 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Горячекатаное или термически обработанное	До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—80 81—160	345 (35) 345 (35) 325 (33) 305 (31) 285 (29) 275 (28) 265 (27)	490 (50) 490 (50) 470 (48) 460 (47) 450 (46) 440 (45) 430 (44)	21	—	—	—	— 34 (3,5) 29 (3) 29 (3) 29 (3) 29 (3) 29 (3)	—	—	Значения ударной вязкости для стали марки 09Г2С-7 при —50°С и стали марки 09Г2С-8 при —60°С не ниже значений при —70°С
09Г2С-17 ГОСТ 5520			До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—80 81—160	345 (35) 345 (35) 325 (33) 305 (31) 285 (29) 275 (28) 265 (27)	490 (50) 490 (50) 470 (48) 460 (47) 450 (46) 440 (45) 430 (44)	21	—	—	— 39 (4) 34 (3,5) 34 (3,5) 34 (3,5) 34 (3,5) 34 (3,5)	—	29 (3)	—	Предел текучести не менее: 230 МПа при 250°С, 200 МПа при 300°С, 180 МПа при 350°С, 160 МПа при 400°С

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* – диаметр оправки, *a* – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
09Г2С ТУ 14-1- -3832—84	ТУ 14-1-3832—84	Термообработанное	12—20 21—32 33—60 61—80 81—120	325 (33) 305 (31) 285 (29) 275 (28) 265 (27)	470 (48) 460 (47) 450 (46) 440 (45) 430 (44)	21	78 (8)	—	59 (6)	39 (4)	39 (4)	—	—
16ГС ТУ 14-1- -3832—84	ТУ 14-1-3832—84		12—20 21—32 33—60 61—120	315 (32) 295 (30) 285 (29) 275 (28)	480 (49) 470 (48) 460 (47) 450 (46)		—	—	—	—	—	—	—
10Г2С1-3 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Термически обработанное	До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—80 81—100	355 (36) 345 (35) 335 (34) 325 (33) 325 (33) 295 (30) 295 (30)	490 (50) 490 (50) 480 (49) 470 (48) 450 (46) 430 (44) 430 (44)	21	— 64 (6,5) 59 (6) 59 (6) 59 (6) 59 (6) 59 (6)	—	—	—	—	—	—
10Г2С1-7, 8, 9 ГОСТ 5520			До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—80 81—100	355 (36) 345 (35) 335 (34) 325 (33) 325 (33) 295 (30) 295 (30)	490 (50) 490 (50) 480 (49) 470 (48) 450 (46) 430 (44) 430 (44)	21	—	—	—	— 29 (3) 24 (2,5) 24 (2,5) 24 (2,5) 24 (2,5) 24 (2,5)	—	—	Значения ударной вязкости для стали марки 10Г2С1-7 при —50°С и стали марки 10Г2С1-8 при —60°С не ниже значений при —70°С

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
10Г2С1-17 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Термически обработанное	До 5 5—10 10—20 21—32 33—60 61—80 81—100	355 (36) 345 (35) 335 (34) 325 (33) 325 (33) 295 (30) 295 (30)	490 (50) 490 (50) 480 (49) 470 (48) 450 (46) 430 (44) 430 (44)	21	—	—	— 39 (4) 29 (3) 29 (3) 29 (3) 29 (3) 29 (3)	—	29 (3)	—	Предел текучести не менее: 260 МПа при 250°С, 230 МПа при 300°С, 210 МПа при 350°С, 180 МПа при 400°С
17ГС ГОСТ 5520	ГОСТ 5520	Термически обработанное	До 5 5—10 10—20	345 (35) 345 (35) 335 (34)	510 (51) 510 (52) 490 (50)	23	—	—	— 44 (4,5) 34 (3,5)	—	29 (3)	—	—
17Г1С ГОСТ 5520			До 5 5—10 10—20	355 (36) 355 (36) 345 (35)	510 (52)	23	—	—	— 44 (4,5) 39 (4)	—	29 (3)	—	—
14Г2 ГОСТ 19281	ГОСТ 19281	Термически обработанное или горячекатаное	До 5 5—10 10—20 21—32 33—60	325 (33)	450 (46)	21	59 (6)	—	39 (4) 39 (4) 34 (3,5) 29 (3) 29 (3)	29 (3) 24 (2,5)	29 (3)	—	—

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
12МХ ГОСТ 2007-72	ТУ 14-1-642—73	Термически обработанное	4—60	235 (24)	440 (45)	24	59 (6)	—	—	—	—	d = 2a	—
12ХМ ТУ 14-1-642—73						22							
12ХМ-3 ГОСТ 5520	ГОСТ 5520		4—50 51—100 101—160	245 (25) 235 (24) 225 (23)	440—560 (44—56) 430 (44) 420 (43)	22 20 18	59 (6) 49 (5) 39 (4)	—	—	—	—	d = 2a d = 2,5a d = 3a	—
12ХМ ТУ 14-1-2304—78	ТУ 14-1-2304—78		10—50 51—100 101—160	245 (25) 235 (24) 225 (23)	440 (45) 430 (44) 420 (43)	22 20 18	59 (6) 49 (5) 39 (4)	—	—	—	—	d = 2a d = 2a d = 3a	—
12ХМ ТУ 302.02.031—89; ГОСТ 5520	ТУ 302.02.031—89	Термически обработанное	20—50 51—100 101—160	245 (25) 235 (24) 225 (23)	440 (45) 430 (44) 420 (43)	22 20 18	34 (3,5) 34 (3,5) 34 (3,5)	—	—	—	—	d = 2a для термически обработанных листов	—
15Х5М ГОСТ 2007-72	Группа М26 по ГОСТ 7350		50	236 (24)	470 (48)	18	—	—	—	—	—	—	—

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
10Х2М1А-ВД-Ш ТУ 302.02.121—91	ТУ 302.02 121—91	Термически обработанное	30—150	310 (31,5)	490 (50)	18	49 (5)	—	29 (3)	—	—	d = 2а, на изгиб в холодном состоянии угол 90°	—
10Х2М1А-А ТУ 302.02.128—91	ТУ 302.02.128—91		20—80	390 (39,7)	490 (50)	18	64 (6,5)	—	49 (5)	—	—	—	—
09Х2НАБЧ ТУ 14-1--3333—82	ТУ 14-1-3333—82	Нормализованное	7—100	314 (32)	490 (50)	22	—	—	49 (5)	34 (3,5) при –60°С	29 (3)	d = 2а при s>30 мм	—
15Х2МФА-А ТУ 302.02.014—89	ТУ 302.02.014—89	Термически обработанное	30—160	390 (40)	490—735 (50—75)	14	49 (5)	—	—	—	—	—	$T_{ко}$≤0°С
12Х2МФА ТУ 108.131—86	ТУ 108.131—86		60—300	431 (44)	539—735 (55—75)								

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
14Г2 ГОСТ 19281	ГОСТ 19281	Горячекатаное или термически обработанное	До 5 6—10 11—20 21—32 33—60	325 (33)	450 (46)	21	59 (6)	—	39 (4) 39 (4) 34 (3,5) 29 (3) 29 (3)	29 (3) 29 (3) 29 (3) 24 (2,5) 24 (2,5)	29 (3)	d = 2a	—
10ХСНД ГОСТ 19281			До 5 5—10	390 (40)	510 (51)	19	—	—	44 (4,5) 44 (4,5)	34 (3,5) 34 (3,5)	—	d = 2a	—
10ХСНД ГОСТ 19281			10—15 15—32 32—40	390 (40)	510 (51)	19	—	—	39 (4) 39 (4) 39 (4)	29 (3) 29 (3) 29 (3)	29	—	—
15ХСНД ГОСТ 19281			До 5 6—10 11—20 21—32	345 (35)	490 (50)	21	64 (6,5)	—	39 (4) 39 (4) 29 (3) 29 (3)	29 (3) 29 (3) 29 (3) 29 (3)	29	d = 2a	—
09Г2ФБ, 10Г2ФБ ТУ 14-1- -4083—86	ТУ 14-1-4083—86	Контролируемая прокатка	4—9	450 (46)	550 (56)	22	—	—	—	59 (6) при –60°С	—	—	—
			10—28	430 (44)	520 (53)	17	—	—	—	39 (4) при –60°С	—	—	Ударная вязкость KCU 59 Дж/см^2 (6 кгс×м/см^2) при – 15°С

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
09Г2БТ, 10Г2БТ ТУ 14-1--4083—86	ТУ 14-1-4083—86	Контролируемая прокатка	10—28	430 (44)	520 (53)	17	—	—	—	39 (4)	—	—	Ударная вязкость KCU 59 Дж/см^2 (6 кгс×м/см^2) при – 15°С
07ГФБ-У ТУ 14-1--4083—86			10—28	340 (35)	470 (48)	16	—	—	—	—	—	—	Ударная вязкость KCU 59 Дж/см^2 (6 кгс×м/см^2) при – 15°С
Д-40 ГОСТ 5521	ГОСТ 5521	Термически обработанное или без термической обработки	5—7 7,5—9,5 10—32	390 (40)	530—690 (54—70)	19	—	—	—	—	—	—	Работа удара KV при темепературах 0, —20, —40°С 25Дж (2,5 кгс×м) для s=5—7мм, 30Дж (3,1 кгс×м) для s=7,5—9,5 мм, 36Дж (3,7 кгс×м) для s=10 и более мм

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
Е-40 ГОСТ 5521	ГОСТ 5521	Термически обработанное или без термической обработки	10—32	390 (40)	530—690 (54—70)	19	—	—	—	—	—	—	Работа удара KV при температурах 0, —20, —40°С 25Дж (2,5 кгс×м) для s=5—7мм, 30Дж (3,1 кгс×м) для s=7,5—9,5 мм, 36Дж (3,7 кгс×м) для s=10 и более мм
А ГОСТ 5521			4—60	235 (24)	400—490 (41—50)	22	—	—	—	—	—	—	—
В ГОСТ 5521			5—7 7,5—9,5 10—40				—	—	—	—	—	—	Ударная вязкость KCU при +20°С 19Дж/см^2 (1,9 кгс×м/см^2) при s=5—7мм, 24Дж/см^2 (2,4 кгс×м/см^2) для s=7,5—9,5 мм, 27Дж/см^2 (2,8 кгс×м/см^2) для s=10—40мм

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
Е-32 ГОСТ 5521	ГОСТ 5521	Термически обработанное или без термической обработки	5—7 7,5—9,5 10—40	315 (32)	470—590 (48—60)	22	—	—	—	—	—	—	Работа удара KV при температурах 0, —20, —40°С 22Дж (2,2 кгс×м) для s=5—7мм, 26Дж (2,7 кгс×м) для s=7,5—9,5 мм, 31Дж (3,2 кгс×м) для s=10 мм и более
Д-32 ГОСТ 5521			5—7 7,5—9,5 10—40				—	—	—	—	—	—	Работа удара KV при температурах 0, —20, —40°С 22Дж (2,2 кгс×м) для s=5—7мм, 26Дж (2,7 кгс×м) для s=7,5—9,5 мм, 31Дж (3,2 кгс×м) для s=10 мм и более

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
10Х14Г-14Н4Т ГОСТ 5632	Группа М26 по ГОСТ 7350	Термически обработанное	6—50	245 (25)	590 (60)	40	—	—	—	—	—	—	—
08Х22Н6Т ГОСТ 5632	ТУ 14-1-2676—79		4—50 20—50	345 (35) 345 (35)	440 (45) 590 (60)	18 13	59 (6)	—	—	—	—	—	—
02Х8Н22С6 ТУ 14-1-3802—84; ТУ 14-1-3801—84	ТУ 14-1-3802—84		1,5—3,9	195 (20)	540 (55)	40	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 14-1-3801—84		4—11										
08Х18Н10Т ГОСТ 5632	ГОСТ 5582		1,5—3,9	—	509 (52)	45	—	—	—	—	—	—	—
12Х18Н9Т ГОСТ 5632	Группа М26 по ГОСТ 7350		4—50	220 (22)	530 (54)	43	—	—	—	—	—	—	—
12Х18Н10Т ГОСТ 5632	Группа 1 ТУ 14-1-394—72		4—50	216 (22)	—	38	—	—	—	—	—	—	—

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
12Х18Н10Т ГОСТ 5632	ГОСТ 5582	Термически обработанное	0,7—3,9	205 (21)	530 (54)	40	—	—	—	—	—	—	—
12Х18Н10Т ТУ 108-1151—82, ТУ 14-1-2542—78, ТУ 108-930—80	ТУ 14-1-1151—82		40—160	236 (24)	530 (54)	38	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 14-1-2542—78		4—120										
	ТУ 108-930—80		51—160	196 (20)	490 (50)	35—38	—	—	—	—	—	—	—
08Х13 ГОСТ 5632	ГОСТ 5582		1,5—3,9	—	40	21	—	—	—	—	—	—	—
20Х13 ГОСТ 5632	Группа М26 по ГОСТ 7350	Термически обработанное	4—50	372 (38)	509 (52)	20	—	—	—	—	—	—	—
08Х17Т ГОСТ 5632			4—50	—	431 (44)	18	—	—	—	—	—	—	—
15Х25Т ГОСТ 5632			4—50	—	440 (45)	14	20 (2)	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
ХН32Т ТУ 14-1-625—73	ТУ 14-1-625—73	Термически обработанное и травленое	5—20	176 (18)	490 (50)	30	—	—	—	—	—	—	—
12Х13 ГОСТ 5632	Группа М2б по ГОСТ 7350	Термически обработанное	4—50	335 (34)	—	21	—	—	—	—	—	—	—
08Х18Н12Б ГОСТ 5632			4—50	206 (21)	509 (52)	40	—	—	—	—	—	—	—
10Х17Н13-М2Т ГОСТ 5632			4—50	236 (24)	530 (54)	37	—	—	—	—	—	—	—
08Х17Н13-М2Т ГОСТ 5632	ТУ 14-1-394—72		50—75	196 (20)	509 (52)	40	—	—	—	—	—	—	—
10Х17Н13-М3Т ГОСТ 5632	Группа М2б по ГОСТ 7350		4—50	236 (24)	530 (54)	37	—	—	—	—	—	—	—

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
08Х17Н15-М3Т ГОСТ 5632	Группа М26 по ГОСТ 7350—77	Термически обработанное	4—50	196 (20)	509 (52)	40	—	—	—	—	—	—	—
03ХН28-МДТ ГОСТ 5632			4—50	220 (22)	550 (55)	35	—	—	—	—	—	—	—
03Х17Н14М3 ТУ 14-1-1154—74; ТУ 14-1-692—73; ТУ 14-1-2144—77; ТУ 14-1-3120—80	ТУ 14-1-1154—74		8—20	196 (20)	490 (50)	40	—	—	—	—	—	—	α-фаза – 0,5 балла
	ТУ 14-1-692—73		0,8—3,9										
	ТУ 14-1-2144—77		20—50										
	ТУ 14-1-3120—80		5—20										
15Х18Н12-С4ТЮ ГОСТ 5632	ТУ 14-1-1410—75	Нагартованное	1,2—3,0	588 (60)	784 (80)	10	—	—	—	—	—	—	α-фаза – 0,5 балла
	ТУ 14-1-1410—75	Термически обработанное	1,2—3,0	345 (35)	784 (80)	10	—	—	—	—	—	—	α-фаза – 0,5 балла
	ТУ 14-1-1337—75		1,5—3,9	196 (20)	539 (55)	40	—	—	—	—	—	—	

Продолжение табл. 2.4

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* – диаметр оправки, *a* – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
08Х21Н6-М2Т ГОСТ 5632	ГОСТ 7350	Темически обработанное	4—50	360 (40)	688 (70)	14	59 (6)	—	—	—	—	—	При s>25 мм механические свойства не нормируются, но проверяются
	ТУ 14-1-894—74		5—20										
	ТУ 14-1-2676—79		20—50										
03Х19АГ3Н10 ТУ 14-1-2261—77	ТУ 14-1-2261—77		6—20	—	637 (65)	45	—	—	—	—	—	—	—
03Х21Н21М4ГБ ГОСТ 5632	ГОСТ 7350		10—20	294 (30)	588 (60)	30	—	—	—	—	—	—	—
08Х18Г8Н2Т ГОСТ 5632			5—20	343 (35)	588 (60)	20	59 (6)	—	—	—	—	—	—
07Х13АГ20 ТУ 14-1-2640—79: ТУ 14-1-3342—82	ТУ 14-1-2640—79		6—20	343 (35)	657 (67)	40	—	—	—	—	—	—	Ударная вязкость KCU 98 Дж/см^2 (10 кгс×м/см^2) при —196 °С
	ТУ 14-1-3342—82												

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее					Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (d – диаметр оправки, a – толщина образца)	Примечание
							при температуре, °С				после механического старения		
							+ 20	— 20	— 40	— 70			
08Х18Н10Т ГОСТ 5632	Группа М26 по ГОСТ 7350	Темически обработанное	4—50	206 (21)	509 (52)	43	—	—	—	—	—	—	—
	Группа А по ТУ 14-1-394—72		50—75										
08Х18Н10Т ГОСТ 5582	ГОСТ 5582	Термически обработанное	0,7—3,9	—	510 (52)	45	—	—	—	—	—	—	—
08Х18Н10Т ТУ 14-1-3199—81; ТУ 14-1-3108—80; ТУ 14-1-2542—78; ТУ 108-930—80; ТУ 108-1151—82	ТУ 14-1-3199—81		0,5—3,0	270 (27,5)	519 (53)	40	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 14-1-3108—80		0,5: 3,0: 3,8—4,2	—	500 (51)	40	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 14-1-2542—78		4—12	206 (21)	509 (52)	43	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 108-930—80		50—160	196 (20)	490 (50)	35—38	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 108-1151—82		40—160	206 (21)	509 (52)	43	—	—	—	—	—	—	—
03Х18Н11 ТУ 14-1-3071—80; ТУ 14-1-2144—74	ТУ 14-1-3071—80		6—20	196 (20)	509 (52)	45	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 14-1-2144—74		20—50	192 (19,5)	480 (49)	40	—	—	—	—	—	—	—
02Х18Н11 ТУ 14-1-3071—80	ТУ 14-1-3071—20		6—20	196 (20)	509 (52)	45	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 2.5

Продолжение таблицы 2.4

Механические свойства стали листовой двухслойной (справочное)

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Обозначение стандарта на марку стали		Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение, δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/мм^2), не менее			Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* — диаметр оправки, *a* — толщина образца)
	основного слоя	коррозионностойкого слоя						при 20°С	после механического старения	при нижнем пределе применения	
Ст3сп3 + 08Х13, Ст3сп3 + 12Х18Н10Т, Ст3сп3 + 08Х18Н10Т, Ст3сп3 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп3 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп3 + 06ХН28МДТ, Ст3сп4 + 08Х13, Ст3сп4 + 10Х17Н13М3Т, Ст3сп4 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп4 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп4 + 06ХН28МДТ, Ст3сп5 + 12Х18Н10Т, Ст3сп5 + 10Х17Н13М3Т ГОСТ 10885	ГОСТ 14637	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 14637 для стали Ст3сп (см. таблицу 2.4)						
Ст3сп5 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп5 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп5 + 08Х18Н10Т, Ст3сп5 + 06ХН28МДТ, Ст3сп6 + 12Х18Н10Т, Ст3сп6 + 08Х18Н10Т, Ст3сп6 + 10Х17Н13М3Т, Ст3сп6 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп6 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп6 + 06ХН28МДТ ГОСТ 10885	ГОСТ 14637	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 14637 для стали Ст3сп (см. таблицу 2.4)						
20К-3 + 08Х13, 20К-3 + 12Х18Н10Т, 20К-3 + 08Х18Н10Т, 20К-3 + 10Х17Н13М3Т, 20К-3 + 10Х17Н13М2Т, 20К-3 + 10Х17Н15М3Т, 20К-3 + 06ХН28МДТ, 20К-5 + 08Х13, 20К-5 + 12Х18Н10Т, 20К-5 + 08Х18Н10Т, 20К-5 + 10Х17Н13М3Т ГОСТ 10885	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 5520 для стали 20К (см. таблицу 2.4)						

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Обозначение стандарта на марку стали		Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение, δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/мм^2), не менее			Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* — диаметр оправки, *a* — толщина образца)
	основного слоя	коррозионностойкого слоя						при 20°С	после механического старения	при нижнем пределе применения	
Ст3сп3 + 08Х13, Ст3сп3 + 12Х18Н10Т, Ст3сп3 + 08Х18Н10Т, Ст3сп3 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп3 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп3 + 06ХН28МДТ, Ст3сп4 + 08Х13, Ст3сп4 + 10Х17Н13М3Т, Ст3сп4 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп4 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп4 + 06ХН28МДТ, Ст3сп5 + 12Х18Н10Т, Ст3сп5 + 10Х17Н13М3Т ГОСТ 10885	ГОСТ 14637	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 14637 для стали Ст3сп (см. таблицу 2.4)						
Ст3сп5 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп5 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп5 + 08Х18Н10Т, Ст3сп5 + 06ХН28МДТ, Ст3сп6 + 12Х18Н10Т, Ст3сп6 + 08Х18Н10Т, Ст3сп6 + 10Х17Н13М3Т, Ст3сп6 + 10Х17Н13М2Т, Ст3сп6 + 08Х17Н15М3Т, Ст3сп6 + 06ХН28МДТ ГОСТ 10885	ГОСТ 14637	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 14637 для стали Ст3сп (см. таблицу 2.4)						
20К-3 + 08Х13, 20К-3 + 12Х18Н10Т, 20К-3 + 08Х18Н10Т, 20К-3 + 10Х17Н13М3Т, 20К-3 + 10Х17Н13М2Т, 20К-3 + 10Х17Н15М3Т, 20К-3 + 06ХН28МДТ, 20К-5 + 08Х13, 20К-5 + 12Х18Н10Т, 20К-5 + 08Х18Н10Т, 20К-5 + 10Х17Н13М3Т ГОСТ 10885	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 5520 для стали 20К (см. таблицу 2.4)						

Продолжение табл. 2.5

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Обозначение стандарта на марку стали		Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение, δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее			Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* — диаметр оправки, *a* — толщина образца)
	основного слоя	коррозионностойкого слоя						при 20°С	после механического старения	при нижнем пределе применения	
09Г2С-3 + 12Х18Н10Т, 09Г2С-3 + 08Х18Н10Т, 09Г2С-3 + 10Х17Н13М3Т, 09Г2С-3 + 10Х17Н13М2Т, 09Г2С-3 + 08Х17Н15М3Т, 09Г2С-3 + 06ХН28МДТ, 09Г2С-6 + 08Х13, 09Г2С-6 + 12Х18Н10Т ГОСТ 10885	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 5520 для стали 09Г2С (см. таблицу 2.4)						
09Г2С-6 + 08Х18Н10Т, 09Г2С-6 + 10Х17Н13М3Т, 09Г2С-6 + 10Х17Н13М2Т, 09Г2С-6 + 08Х17Н15М3Т, 09Г2С-6 + 06ХН28МДТ, 09Г2С-7 + 08Х13, 09Г2С-7 + 12Х18Н10Т, 09Г2С-7 + 08Х18Н10Т, 09Г2С-7 + 10Х17Н13М3Т, 09Г2С-7 + 10Х17Н13М2Т, 09Г2С-7 + 08Х17Н15М3Т, 09Г2С-7 + 06ХН28МДТ, 09Г2С-8 + 12Х18Н10Т, 09Г2С-8 + 08Х18Н10Т, 09Г2С-8 + 10Х17Н13М3Т, 09Г2С-8 + 10Х17Н13М2Т ГОСТ 10885	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 5520 для стали 09Г2С (см. таблицу 2.4)						
09Г2С-8 + 08Х17Н15М3Т, 09Г2С-8 + 06ХН28МДТ, 09Г2С-9 + 08Х13, 09Г2С-9 + 12Х18Н10Т, 09Г2С-9 + 08Х18Н10Т, 09Г2С-9 + 10Х17Н13М3Т ГОСТ 10885	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 5520 для стали 09Г2С (см. таблицу 2.4)						

Марка стали, обозначение стандартов или технических условий	Обозначение стандарта на марку стали		Состояние материала	Толщина s, мм	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение, δ_5, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее			Изгиб в холодном состоянии на 180°, мм (*d* — диаметр оправки, *a* — толщина образца)
	основного слоя	коррозионностойкого слоя						при 20°С	после механического старения	при нижнем пределе применения	
09Г2С-9 + 10Х17Н13М2Т, 09Г2С-9 + 08Х17Н15М3Т, 09Г2С-9 + 06ХН28МДТ, 09Г2С-17 + 12Х18Н10Т, 09Г2С-17 + 08Х18Н10Т, 09Г2С-17 + +10Х17Н13М3Т, 09Г2С-17 + +10Х17Н13М2Т, 09Г2С-17 + +08Х17Н15М3Т, 09Г2С-17 + 06ХН28МДТ ГОСТ 10885	ГОСТ 5520	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 5520 для стали 09Г2С (см. таблицу 2.4)						
12МХ + 08Х13 ГОСТ 10885	ГОСТ 2002 72	ГОСТ 5632	Термически обработанное	4—120	225 (22,5)	430 (43)	24	60 (6)	—	—	*d* = 2a
12ХМ + 08Х13, 12ХМ + 08Х18Н10Т ГОСТ 10885	ГОСТ 5520			4—120	По ГОСТ 5520 для стали 12ХМ (см. таблицу 2.4)						
12ХМ + 08Х18Н10Т ТУ 14-1-2726—79				65—120	По ГОСТ 5520 для стали 12ХМ (см. таблицу 2.4)						
20К + НМЖМц28-2,5-1,5 ТУ 14-1-1034—74	ГОСТ 5520	ГОСТ 492	Термически обработанное	4—120	По ГОСТ 5520 для стали 20К (см. таблицу 2.4)						
20К + НМЖМц28-2,5-1,5 ГОСТ 10885											
15Г2СФ + 08Х18Н10Т, 15Г2СФ + 12Х18Н10Т, 15Г2СФ + 10Х17Н13М2Т, 15Г2СФ + 08Х17Н15М3Т ТУ 14-1-4175—86	ГОСТ 19281	ГОСТ 5632	Термически обработанное	22—50	390 (40)	550 (56)	18	49 (5)	—	29 (3) при —40° С	ГОСТ 10885—85
15Г2СФ + 12Х18Н10Т, 15Г2СФ + 10Х17Н13М2Т, 15Г2СФ + 08Х17Н15М3Т ТУ 14-1-4212—87				8—21	По ГОСТ 19281 для стали 15Г2СФ (см. таблицу 2.4)						

Примечания.

1. Ударная вязкость основного слоя при нормальной и пониженной температурах нормируется для стали листовой двухслойной толщиной 10 мм и более, а после механического старения —толщиной 12 мм и более.

2. Сопротивление срезу при определении прочности соединения слоев должно быть не менее 150 МПа (15 кгс/мм^2).

Продолжение таблицы 2.5

Химический состав нержавеющих сталей и сплавов (ГОСТ 6532)

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера (Не более)	Фосфор (Не более)	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
НЕРЖАВЕЮЩИЕ СТАЛИ																				
1 Стали мартенситного класса																				
1–1	05Х16Н5АБ	ЭК172	Не более 0,05	0,20–0,50	0,20–0,60	15,00–16,50	4,00–5,50	–	–	–	–	0,04–0,10	–	Осн.	0,010	0,010	Азот 0,10–0,18	+	–	–
1–2	07Х16Н4Б	–	0,05–0,10	Не более 0,60	0,20–0,50	15,00–16,50	3,50–4,50	–	–	–	–	0,20–0,40	–	Осн.	0,020	0,025	–	++	–	–
1–3	09Х16Н4Б	ЭП56	0,08–0,12	Не более 0,60	Не более 0,50	15,00–16,50	4,00–4,50	–	–	–	–	0,05–0,15	–	Осн.	0,015	0,030	–	++	–	–
1–4	11Х11Н2В2МФ	ЭИ962	0,09–0,13	Не более 0,60	Не более 0,60	10,50–12,00	1,50–1,80	–	–	1,60–2,00	0,35–0,50	–	0,18–0,30	Осн.	0,025	0,030	–	–	–	+
1–5	13Х11Н2В2МФ	ЭИ961	0,10–0,16	Не более 0,60	Не более 0,60	10,50–12,00	1,50–1,80	–	–	1,60–2,00	0,35–0,50	–	0,18–0,30	Осн.	0,025	0,030	–	–	–	+
1–6	13Х14Н3В2ФР	ЭИ736	0,10–0,16	Не более 0,60	Не более 0,60	13,00–15,00	2,80–3,40	Не более 0,05	–	1,60–2,20	–	–	0,18–0,28	Осн.	0,025	0,030	Бор не более 0,004	–	–	+
1–7	15Х11МФ	–	0,12–0,19	Не более 0,50	Не более 0,70	10,00–11,50	–	–	–	–	0,60–0,80	–	0,25–0,40	Осн.	0,025	0,030	–	–	–	+
1–8	16Х11Н2В2МФ	ЭИ962А	0,14–0,18	Не более 0,60	Не более 0,60	10,50–12,00	1,40–1,80	–	–	1,60–2,00	0,35–0,50	–	0,18–0,30	Осн.	0,025	0,030	–	–	–	+
1–9	18Х11МНФБ	ЭП291	0,15–0,21	Не более 0,60	0,60–1,00	10,00–11,50	0,50–1,00	–	–	–	0,80–1,10	0,20–0,45	0,20–0,40	Осн.	0,025	0,030	–	–	–	+
1–10	20Х12ВНМФ	ЭП428	0,17–0,23	Не более 0,60	0,50–0,90	10,50–12,50	0,50–0,90	–	–	0,70–1,10	0,50–0,70	–	0,15–0,30	Осн.	0,025	0,030	–	–	–	+
1–11	20Х13	–	0,16–0,25	Не более 0,80	Не более 0,80	12,00–14,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	++	–	+
1–12	20Х17Н2	–	0,17–0,25	Не более 0,80	Не более 0,80	16,00–18,00	1,50–2,50	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	–	–

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
1–13	А25Х13Н2П (25Х13Н2)	ЭИ474	0,20–0,30	Не более 0,50	0,80–1,20	12,00–14,00	1,50–2,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,15–0,25	0,08–0,15	–	+	–	–
1–14	30Х13	–	0,26–0,35	Не более 0,80	Не более 0,80	12,00–14,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	+	–	–
1–15	30Х13Н7С2	ЭИ72	0,25–0,34	2,00–3,00	Не более 0,80	12,00–14,00	6,00–7,50	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	–	+	–
1–16	40Х9С2	–	0,35–0,45	2,00–3,00	Не более 0,80	8,00–10,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	–	++	+
1–17	40Х10С2М	ЭИ107	0,35–0,45	1,90–2,60	Не более 0,80	9,00–10,50	–	–	–	–	0,70–0,90	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	–	++	+
1–18	40Х13	–	0,36–0,45	Не более 0,80	Не более 0,80	12,00–14,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	+	–	–
1–19	65Х13	–	0,60–0,70	0,20–0,50	0,25–0,80	12,00–14,00	Не более 0,50	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	++		
1–20	95Х18	ЭИ229	0,90–1,00	Не более 0,80	Не более 0,80	17,00–19,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	+	–	–
1. Стали мартенсито-ферритного класса																				
2–1	05Х12Н2М	–	0,02–0,06	0,15–0,30	0,30–0,60	11,00–12,00	1,20–1,60	Не более 0,05	Не более 0,15	–	0,80–1,00	–	–	Осн.	0,010	0,015	Медь не более 0,08; азот не более 0,020	+	–	–
2–2	07Х12НМФБР	ЧС80	0,06–0,10	Не более 0,20	0,50–0,80	11,50–12,50	0,90–1,10	–	Не более 0,10	–	0,80–1,00	0,05–0,15	0,15–0,25	Осн.	0,015	0,015	Азот 0,04–0,06; медь не более 0,08; бор не более 0,005	+	–	+
2–3	12Х13	–	0,09–0,15	Не более 0,80	Не более 0,80	12,00–14,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	++	+	+
2–4	14Х17Н2	ЭИ268	0,11–0,17	Не более 0,80	Не более 0,80	16,00–18,00	1,50–2,50	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	++	–	+
2–5	15Х12ВНМФ	ЭИ802	0,12–0,18	Не более 0,40	0,50–0,90	11,00–13,00	0,40–0,80	–	–	0,70–1,10	0,50–0,70	–	0,15–0,30	Осн.	0,025	0,030	–	–	–	+

Продолжение табл. 2.6.

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
2–6	18Х12ВМБФР	ЭИ993	0,15–0,22	Не более 0,50	Не более 0,50	11,00–13,00	–	–	–	0,40–0,70	0,40–0,60	0,20–0,40	0,15–0,30	Осн.	0,025	0,030	Бор не более 0,003	–	–	+
3. Стали ферритного класса																				
3–1	04Х14Т3Р1Ф	ЧС82	0,02–0,06	Не более 0,50	Не более 0,50	13,00–16,00	Не более 0,50	2,30–3,50	Не более 0,50	–	–	–	0,15–0,30	Осн.	0,020	0,030	Бор 1,30–1,80	+	–	–
3–2	08Х13	ЭИ496	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 0,80	12,00–14,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	+	–	+
3–3	08Х17Т	ЭИ645	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 0,80	16,00–18,00	–	5·С–0,80	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	++	–
3–4	08Х18Т1	–	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 0,80	17,00–19,00	–	0,60–1,00	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	++	–
3–5	08Х18Тч	ДИ–77	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 0,80	17,00–19,00	–	5·С–0,60	Не более 0,10	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	Церий не более 0,1; кальций не более 0,05	+	–	–
3–6	10Х13СЮ	ЭИ404	0,07–0,12	1,20–2,00	Не более 0,80	12,00–14,00	–	–	1,00–1,80	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,030	–	–	+	–
3–7	12Х17	–	Не более 0,12	Не более 0,80	Не более 0,80	16,00–18,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	++	+	–
3–8	15Х18СЮ	ЭИ484	Не более 0,15	1,00–1,50	Не более 0,80	17,00–20,00	–	–	0,70–1,20	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	–	+	–
3–9	15Х25Т	ЭИ439	Не более 0,15	Не более 1,00	Не более 0,80	24,00–27,00	–	5·С–0,90	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	++	–
3–10	15Х28	ЭИ349	Не более 0,15	Не более 1,00	Не более 0,80	27,00–30,00	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	++	–
4. Стали аустенито-мартенситного класса																				
4–1	03Х14Н7В	–	Не более 0,030	Не более 0,70	Не более 0,70	13,50–15,00	6,00–7,00	–	–	0,40–0,80	–	–	–	Осн.	0,020	0,030	–	+	–	–
4–2	07Х16Н6	ЭП288	0,05–0,09	Не более 0,80	Не более 0,80	15,50–17,50	5,00–8,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	+	–	–

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
4–3	О8Х17Н5М3	ЭИ925	0,06–0,10	Не более 0,80	Не более 0,80	16,00–17,50	4,50–5,50	–	–	–	3,00–3,50	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	+	–	–
4–4	О8Х17Н6Т	ДИ–21	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 0,80	16,50–18,00	5,50–6,50	0,15–0,35	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	Бор не более 0,003	+	–	–
4–5	О9Х15Н8Ю1	ЭИ904	Не более 0,09	Не более 0,80	Не более 0,80	14,00–16,00	7,00–9,40	–	0,70–1,30	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	–	–
4–6	О9Х17Н7Ю	–	Не более 0,09	Не более 0,80	Не более 0,80	16,00–17,50	7,00–8,00	–	0,50–0,80	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,030	–	+	–	–
4–7	О9Х17Н7Ю1	–	Не более 0,09	Не более 0,80	Не более 0,80	16,50–18,00	6,50–7,50	–	0,70–1,10	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	–	–
4–8	2ОХ13Н4Г9	ЭИ100	0,15–0,30	Не более 0,80	8,00–10,00	12,00–14,00	3,70–4,70	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,050	–	+	–	–
5. Стали аустенито-ферритного класса																				
5–1	О3Х22Н5АМ3	–	Не более 0,030	Не более 1,00	Не более 2,00	21,00–23,00	4,50–6,50	–	–	–	2,50–3,50	–	–	Осн.	0,015	0,030	Азот 0,08–0,20	++	–	–
5–2	О3Х23Н6	–	Не более 0,030	Не более 0,40	1,00–2,00	22,00–24,00	5,30–6,30	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	++	–	–
5–3	О3Х22Н6М2	–	Не более 0,030	Не более 0,40	1,00–2,00	21,00–23,00	5,50–6,50	–	–	–	1,80–2,50	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	++	–	–
5–4	О8Х18Г8Н2Т	КО–3	Не более 0,08	Не более 0,80	7,00–9,00	17,00–19,00	1,80–2,80	0,20–0,50	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	–	–
5–5	О8Х20Н14С2	ЭИ732	Не более 0,08	2,00–3,00	Не более 1,50	19,00–22,00	12,00–15,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	–	+	–
5–6	О8Х21Н6М2Т	ЭП54	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 0,80	20,00–22,00	5,50–6,50	0,20–0,40	–	–	1,80–2,50	–	–	Осн.	0,025	0,035	–	+	–	–

Продолжение табл. 2.6.

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
5–7	О8Х22Н6Т	ЭП53	Не более О,О8	Не более О,8О	Не более О,8О	21,ОО–23,ОО	5,3О–6,3О	5·С–О,65	–	–	–	–	–	Осн.	О,О25	О,О35	–	+	–	–
5–8	12Х21Н5Т	ЭИ811	О,О9–О,14	Не более О,8О	Не более О,8О	2О,ОО–22,ОО	4,8О–5,8О	О,25–О,5О	Не более О,О8	–	–	–	–	Осн.	О,О25	О,О35	–	+	–	–
5–9	15Х18Н12С4ТЮ	ЭИ654	О,12–О,17	3,8О–4,5О	О,5О–1,ОО	17,ОО–19,ОО	11,ОО–13,ОО	О,4О–О,7О	О,13–О,35	–	–	–	–	Осн.	О,О3О	О,О35	–	+	–	–
5–1О	2ОХ2ОН14С2	ЭИ211	Не более О,2О	2,ОО–3,ОО	Не более 1,5О	19,ОО–22,ОО	12,ОО–15,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О25	О,О35	–		+	
5–11	2ОХ23Н13	ЭИ319	Не более О,2О	Не более 1,ОО	Не более 2,ОО	22,ОО–25,ОО	12,ОО–15,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О25	О,О35	–		+	
6. Стали аустенитного класса																				
6–1	О2Х25Н22АМ2	ЧС1О8	Не более О,О2О	Не более О,4О	1,5О–2,ОО	24,ОО–26,ОО	21,ОО–23,ОО	–	–	–	2,ОО–2,5О	Не более О,О5	–	Осн.	О,О15	О,О2О	Азот О,1О–О,14; церий не более О,ОО1; кальций не более О,ОО1; магний не более О,ОО1; свинец не более О,ОО1; мышьяк не более О,ОО5; олово не более О,ОО5; сурьма не более О,ОО5	+	–	–
6–2	О3Х17АН9	ЭК177	Не более О,О3О	Не более О,6О	1,ОО–2,ОО	16,5О–17,5О	8,5О–9,5О	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	Азот О,О6–О,2О; бор не более О,ОО4; кальций не более О,О15; церий не более О,ОО3	+	–	–
6–3	О3Х17Н9АМ3	–	Не более О,О2О	Не более О,6О	1,ОО–2,ОО	16,5О–17,5О	8,5О–9,5О	–	–	–	2,7О–3,5О	–	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	Азот О,О8–О,2О; бор не более О,ОО4; гафний не более О,ОО8	+	–	–
6–4	О3Х17Н14М3	–	Не более О,О3О	Не более О,4О	1,ОО–2,ОО	16,8О–18,3О	13,5О–15,ОО	–	–	–	2,2О–2,8О	–	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	–	+	–	–
6–5	О3Х18Н1ОТ	–	Не более О,О3О	Не более О,8О	1,ОО–2,ОО	17,ОО–18,5О	9,5О–11,ОО	5·С–О,4О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	++	+	–

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
6–6	03Х18Н11	–	Не более 0,030	Не более 0,80	0,70–2,00	17,00–19,00	10,50–12,50	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,030	–	+	–	–
6–7	03Х18Н12	–	Не более 0,030	Не более 0,40	Не более 0,40	17,00–19,00	11,50–13,00	Не более 0,005	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,030	–	+	–	–
6–8	03Х21Н21М4ГБ	ЗИ35	Не более 0,030	Не более 0,60	1,80–2,50	20,00–22,00	20,00–22,00	–	–	–	3,40–3,70	С·15–0,80	–	Осн.	0,020	0,030	–	+	–	–
6–9	03Х21Н32М3Б	ЧС33	Не более 0,030	Не более 0,35	1,30–1,70	20,00–22,00	31,50–33,00	Не более 0,10	Не более 0,15	–	3,00–4,00	0,90–1,20	–	Осн.	0,010	0,015	Азот не более 0,025; медь не более 0,15; иттрий не более 0,05	++	+	+
6–10	03Х21Н32М3БУ	ЧС33У	Не более 0,030	Не более 0,35	1,30–1,70	20,00–22,00	31,50–33,00	Не более 0,10	Не более 0,15	–	3,00–4,00	0,90–1,20	–	Осн.	0,010	0,015	Азот не более 0,025; медь не более 0,15; иттрий не более 0,05; кобальт не более 0,05	++	+	+
6–11	04Х18Н10	ЭИ842, ЭП550	Не более 0,04	Не более 0,80	Не более 2,00	17,00–19,00	9,00–11,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,030	–	+	–	–
6–12	05Х18Н10Т	–	Не более 0,05	Не более 0,80	1,00–2,00	17,00–18,50	9,00–10,50	5·С–0,60	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	++	+	–
6–13	06Х16Н15М2Г-2ТФР	ЧС68	0,05–0,08	0,30–0,60	1,30–2,00	15,50–17,00	14,00–15,50	0,20–0,50	Не более 0,05	–	1,90–2,50	–	0,10–0,30	Осн.	0,012	0,020	Бор 0,002–0,005; кобальт не более 0,02; азот не более 0,020	+	–	–
6–14	06Х18Н11	ЭИ684	Не более 0,06	Не более 0,80	Не более 2,00	17,00–19,00	10,00–12,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	+	–	–
6–15	07Х21Г7АН5	ЭП222	Не более 0,07	Не более 0,70	6,00–7,50	19,50–21,00	5,00–6,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,030	0,030	Азот 0,15–0,25	+	–	–
6–16	08Х10Н20Т2	–	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 2,00	10,00–12,00	18,00–20,00	1,50–2,50	Не более 1,00	–	–	–	–	Осн.	0,030	0,035	–	+	–	–
6–17	08Х15Н24В4ТР	ЭП164	Не более 0,08	Не более 0,60	0,50–1,00	14,00–16,00	22,00–25,00	1,40–1,80	–	4,00–5,00	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	Бор не более 0,005; церий не более 0,03	–	–	+

Продолжение табл. 2.6.

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
6–18	О8Х16Н11М3	–	Не более О,О8	О,4О–О,8О	1,ОО–1,7О	15,ОО–17,ОО	1О,ОО–12,ОО	Не более О,1О	–	–	2,ОО–2,5О	–	–	Осн.	О,О2О	О,О2О	Медь не более О,25	+	+	+
6–19	О8Х16Н13М2Б	ЭИ68О	О,О6–О,12	Не более О,8О	Не более 1,ОО	15,ОО–17,ОО	12,5О–14,5О	–	–	–	2,ОО–2,5О	О,9О–1,3О	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	–	–	+
6–2О	О8Х17Н13М2Т	–	Не более О,О8	Не более О,8О	Не более 2,ОО	16,ОО–18,ОО	12,ОО–14,ОО	5·С–О,7О	–	–	2,ОО–3,ОО	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	+	–	–
6–21	О8Х17Н15М3Т	ЭИ58О	Не более О,О8	Не более О,8О	Не более 2,ОО	16,ОО–18,ОО	14,ОО–16,ОО	О,3О–О,6О	–	–	3,ОО–4,ОО	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	+	–	–
6–22	О8Х18Н1О	–	Не более О,О8	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	9,ОО–11,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	++	+	–
6–23	О8Х18Н1ОТ	ЭИ914	Не более О,О8	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	9,ОО–11,ОО	5·С–О,7О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О4О	–	++	+	–
6–24	О8Х18Н12Т	–	Не более О,О8	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	11,ОО–13,ОО	5·С–О,6О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О4О	–	+	–	–
6–25	О8Х18Н12Б	ЭИ4О2	Не более О,О8	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	11,ОО–13,ОО	–	–	–	–	1О·С–1,1О	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	+	–	–
6–26	О9Х14Н19В2БР	ЭИ695Р	О,07–О,12	Не более О,6О	Не более 2,ОО	13,ОО–15,ОО	18,ОО–2О,ОО	–	–	2,ОО–2,8О	–	О,9О–1,3О	–	Осн.	О,О2О	О,О35	Бор не более О,ОО5; церий не более О,О2	–	–	+
6–27	О9Х14Н19В2БР1	ЭИ726	О,07–О,12	Не более О,6О	Не более 2,ОО	13,ОО–15,ОО	18,ОО–2О,ОО	–	–	2,ОО–2,8О	–	О,9О–1,3О	–	Осн.	О,О2О	О,О35	Бор не более О,О3; церий не более О,О2	–	–	+
6–28	О9Х16Н15М3Б	ЭИ847	Не более О,О9	Не более О,8О	Не более О,8О	15,ОО–17,ОО	14,ОО–16,ОО	–	–	–	2,5О–3,ОО	О,6О–О,9О	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	–	–	+
6–29	О9Х18Н9	–	О,07–О,1О	Не более О,8О	1,2О–2,ОО	17,ОО–19,ОО	8,ОО–1О,ОО	Не более О,1О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О2О	Медь не более О,25	+	+	–
6–3О	1ОХ11Н2ОТ2Р	ЭИ696А	Не более О,1О	Не более 1,ОО	Не более 1,ОО	1О,ОО–12,5О	18,ОО–21,ОО	2,3О–2,8О	Не более О,8О	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	Бор не более О,ОО8	–	–	+
6–31	1ОХ11Н2ОТ3Р	ЭИ696	Не более О,1О	Не более 1,ОО	Не более 1,ОО	1О,ОО–12,5О	18,ОО–21,ОО	2,6О–3,2О	Не более О,8О	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	Бор О,ОО8–О,О2	–	–	+
6–32	1ОХ11Н23Т3МР	ЭП33	Не более О,1О	Не более О,6О	Не более О,6О	1О,ОО–12,5О	21,ОО–25,ОО	2,6О–3,2О	Не более О,8О	–	1,ОО–1,6О	–	–	Осн.	О,О1О	О,О25	Бор не более О,О2	–	–	+

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
6–33	1ОХ14Г14Н4Т	ЭИ711	Не более О,1О	Не более О,8О	13,ОО–15,ОО	13,ОО–15,ОО	2,8О–4,5О	5·(С–О,02)–О,6О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	+	–	–
6–34	1ОХ14АГ15	ДИ–13	Не более О,1О	Не более О,8О	14,5О–16,5О	13,ОО–15,ОО	–	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О3О	О,О45	Азот О,15–О,25	+	–	–
6–35	1ОХ17Н13М2Т	ЭИ448	Не более О,1О	Не более О,8О	Не более 2,ОО	16,ОО–18,ОО	12,ОО–14,ОО	5·С–О,7О	–	–	2,ОО–3,ОО	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	+	–	–
6–36	1ОХ17Н13М3Т	ЭИ432	Не более О,1О	Не более О,8О	Не более 2,ОО	16,ОО–18,ОО	12,ОО–14,ОО	5·С–О,7О	–	–	3,ОО–4,ОО	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	+	–	–
6–37	1ОХ18Н9	–	О,О8–О,12	Не более О,8О	1,ОО–2,ОО	17,ОО–19,ОО	8,ОО–1О,ОО	Не более О,1О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О25	Медь не более О,25	+	+	–
6–38	1ОХ23Н18	–	Не более О,1О	Не более 1,ОО	Не более 2,ОО	22,ОО–25,ОО	17,ОО–2О,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	–	–	++	+
6–39	12Х17Г9АН4	ЭИ878	Не более О,12	Не более О,8О	8,ОО–1О,5О	16,ОО–18,ОО	3,5О–4,5О	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	Азот О,15–О,25	+	–	–
6–4О	12Х18Н9	–	Не более О,12	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	8,ОО–1О,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О4О	–	++	+	–
6–41	12Х18Н9Т	–	Не более О,12	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	8,ОО–9,5О	5·С–О,8О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О4О	–	++	+	+
6–42	12Х18Н1ОТ	–	Не более О,12	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	9,ОО–11,ОО	5·С–О,8О	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О4О	–	++	+	+
6–43	12Х18Н1ОЕ	ЭП47	Не более О,12	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	9,ОО–11,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	Селен О,18–О,35	+	–	–
6–44	12Х18Н12Т	–	Не более О,12	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	11,ОО–13,ОО	5·С–О,7О		–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О4О	–	++	+	+
6–45	12Х25Н16Г7АР	ЭИ835	Не более О,12	Не более 1,ОО	5,ОО–7,ОО	23,ОО–26,ОО	15,ОО–18,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	Азот О,3О–О,45; бор не более О,О1О	–	++	+
6–46	17Х18Н9	–	О,13–О,21	Не более О,8О	Не более 2,ОО	17,ОО–19,ОО	8,ОО–1О,ОО	–	–	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О4О	–	+	–	–

Продолжение табл. 2.6.

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
6–47	2ОХ23Н18	ЭИ417	Не более 0,20	Не более 1,00	Не более 2,00	22,00–25,00	17,00–20,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	–	++	+
6–48	2ОХ25Н2ОС2	ЭИ283	Не более 0,20	2,00–3,00	Не более 1,50	24,00–27,00	18,00–21,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	–	+	–
6–49	31Х19Н9МВБТ	ЭИ572	0,28–0,35	Не более 0,80	0,80–1,50	18,00–20,00	8,00–10,00	0,20–0,50	–	1,00–1,50	1,00–1,50	0,20–0,50	–	Осн.	0,020	0,035	–	–	–	+
6–50	36Х18Н25С2	–	0,32–0,40	2,00–3,00	Не более 1,50	17,00–19,00	23,00–26,00	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	–	+	–
6–51	37Х12Н8Г8МФБ	ЭИ481	0,34–0,40	0,30–0,80	7,50–9,50	11,50–13,50	7,00–9,00	–	–	–	1,10–1,40	0,25–0,45	1,30–1,60	Осн.	0,030	0,035	–	–	–	+
6–52	4ОХ15Н7Г7Ф2МС	ЭИ388	0,38–0,47	0,90–1,40	6,00–8,00	14,00–16,00	6,00–8,00	–	–	–	0,65–0,95	–	1,50–1,90	Осн.	0,020	0,035	–	–	–	+
6–53	45Х14Н14В2М	ЭИ69	0,40–0,50	Не более 0,80	Не более 0,70	13,00–15,00	13,00–15,00	–	–	2,00–2,80	0,25–0,40	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	–	–	+
6–54	45Х22Н4М3	ЭП48	0,40–0,50	0,10–1,00	0,85–1,25	21,00–23,00	4,00–5,00	–	–	–	2,50–3,00	–	–	Осн.	0,030	0,035	–	–	+	+
6–55	55Х2ОГ9АН4	ЭП303	0,50–0,60	Не более 0,45	8,00–10,00	20,00–22,00	3,50–4,50	–	–	–	–	–	–	Осн.	0,030	0,040	Азот 0,30–0,60	–	+	+
6–56	55Х2ОН4АГ9Б	ЭП303Б	0,50–0,60	Не более 0,45	8,00–10,00	20,00–22,00	3,50–4,50	–	–	–	–	0,40–1,00	–	Осн.	0,030	0,040	Азот 0,30–0,60	–	+	+
СПЛАВЫ																				
7. Сплавы на железоникелевой основе																				
7–1	02ХН3ОМДБ	ЭК77	Не более 0,020	Не более 0,20	0,50–1,80	27,00–29,00	29,00–31,00	Не более 0,10	–	–	2,80–3,50	0,05–0,20	–	Осн.	0,020	0,020	Медь 0,90–1,50; азот 0,10–0,20; бор не более 0,004	+	–	–
7–2	03ХН28МДТ	ЭП516	Не более 0,030	Не более 0,80	Не более 0,80	22,00–25,00	26,00–29,00	0,50–0,90	–	–	2,50–3,00	–	–	Осн.	0,020	0,035	Медь 2,50–3,50	+	–	–
7–3	05ХН32Т (ХН32Т)	ЭП670	Не более 0,05	Не более 0,70	Не более 0,70	19,00–22,00	30,00–34,00	0,25–0,60	Не более 0,50	–	–	–	–	Осн.	0,020	0,030	–	–	–	+
7–4	06ХН28МТ	ЭИ628	Не более 0,06	Не более 0,80	Не более 0,80	22,00–25,00	26,00–29,00	0,40–0,70	–	–	1,80–2,50	–	–	Осн.	0,020	0,035	–	+	–	–

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
7–5	О6ХН28МДТ	ЭИ943	Не более О,О6	Не более О,8О	Не более О,8О	22,ОО–25,ОО	26,ОО–29,ОО	О,5О–О,9О	–	–	2,5О–3,ОО	–	–	Осн.	О,О2О	О,О35	Медь 2,5О–3,5О	+	–	–
7–6	О7Х15Н3ОВ5М2	ЧС81	Не более О,О7	Не более О,2О	1,3О–1,7О	14,ОО–17,ОО	29,ОО–31,ОО	Не более О,О6	Не более О,12	4,5О–5,5О	1,8О–2,2О	–	–	Осн.	О,О1О	О,О15	Медь не более О,О8; азот не более О,О3О; иттрий не более О,О5	+	+	++
7–7	О8ХН35ВТЮ (ХН35ВТЮ)	ЭИ787	Не более О,О8	Не более О,6О	Не более О,6О	14,ОО–16,ОО	33,ОО–37,ОО	2,4О–3,2О	О,7О–1,4О	2,8О–3,5О	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	Бор не более О,О2О	–	–	+
7–8	1ОХН28ВМАБ (ХН28ВМАБ)	ЭП126	Не более О,1О	Не более О,6О	Не более 1,5О	19,ОО–22,ОО	25,ОО–3О,ОО	–	–	4,8О–6,ОО	2,8О–3,5О	О,7О–1,3О	–	Осн.	О,О2О	О,О2О	Бор не более О,ОО5; азот О,15–О,3О	–	+	–
7–9	1ОХН45Ю (ХН45Ю)	ЭП747	Не более О,1О	Не более 1,ОО	Не более 1,ОО	15,ОО–17,ОО	44,ОО–46,ОО	–	2,9О–3,9О	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О25	Барий не более О,1О; церий не более О,О3	–	+	+
7–1О	ХН45МВТЮБР	ЭП718, ВХ1О5	Не более О,1О	Не более О,3О	Не более О,6О	14,ОО–16,ОО	43,ОО–47,ОО	1,9О–2,4О	О,9О–1,4О	2,5О–3,5О	4,ОО–5,2О	О,8О–1,5О	–	Осн.	О,О1О	О,О15	Цирконий не более О,О2; бор не более О,ОО8; церий не более О,1О	–	–	+
7–11	12ХН35ВТ (ХН-35ВТ)	ЭИ612	Не более О,12	Не более О,6О	1,ОО–2,ОО	14,ОО–16,ОО	34,ОО–38,ОО	1,1О–1,5О	–	2,8О–3,5О	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	–	–	–	+
7–12	12ХН38ВТ (ХН-38ВТ)	ЭИ7О3	О,О6–О,12	Не более О,8О	Не более О,7О	2О,ОО–23,ОО	35,ОО–39,ОО	О,7О–1,2О	Не более О,5О	2,8О–3,5О	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	Церий не более О,О5	–	+ +	+
7–13	12ХН38ВБ	ЭИ7О3Б	О,О6–О,12	Не более О,8О	Не более О,7О	2О,ОО–23,ОО	35,ОО–39,ОО	–	Не более О,5О	2,8О–3,5О	–	1,2О–1,7О	–	Осн.	О,О2О	О,О3О	Церий не более О,О5	–	+ +	+
8. Сплавы на никелевой основе																				
8–1	Н7ОМФВ	ЭП814А	Не более О,О2О	Не более О,1О	Не более О,5О	Не более О,3О	Осн.	Не более О,15	–	О,1О–О,45	25,ОО–27,ОО	–	1,4О–1,7О	Не более О,8О	О,О12	О,О15	–	+	–	–
8–2	ХН33КВЮ	ЭК1О2, ВХ145	О,О1О–О,1О	Не более О,8О	Не более О,5О	2О,ОО–23,ОО	Осн.	–	О,3О–О,7О	13,ОО–16,ОО	–	–	–	Не более 3,ОО	О,О13	О,О13	Кобальт 26,ОО–3О,ОО; неодим или лантан не более О,1О	–	+	–
8–3	ХН54К15МБЮВТ	ВХ175	О,О4–О,О8	Не более О,3О	Не более О,4О	9,4О–11,ОО	Осн.	2,3О–2,8О	3,5О–4,ОО	2,9О–3,4О	4,ОО–4,8О	4,1О–4,6О	О,4О–О,8О	Не более О,5О	О,О1О	О,О15	Кобальт 14,8О–16,ОО; лантан не более О,О55; церий не более О,О1; бор не более О,О1О; скандий не более О,О5	–	+	–

Продолжение табл. 2.6.

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
8–4	ХН55МВЦ	ЧС57	Не более 0,05	Не более 0,30	1,30–1,70	18,00–20,00	53,00–56,00	–	Не более 0,15	2,00–3,00	5,00–7,00	–	–	–	0,010	0,015	Азот не более 0,030; цирконий 0,05–0,15; иттрий не более 0,05; бор не более 0,005	+	+	+
8–5	ХН55МВЦУ	ЧС57У	Не более 0,05	Не более 0,30	1,30–1,70	18,00–20,00	53,00–56,00	–	Не более 0,15	2,00–3,00	5,00–7,00	–	–	–	0,010	0,015	Азот не более 0,030; бор не более 0,005; цирконий 0,05–0,15; иттрий не более 0,05; гафний не более 0,15; церий не более 0,03	+	+	+
8–6	ХН55МВЮ	ЭП454	Не более 0,08	Не более 0,40	Не более 0,40	9,00–11,00	Осн.	–	4,20–5,00	4,50–5,50	5,00–6,50	–	–	17,00–20,00	0,010	0,015	Бор не более 0,01; церий не более 0,01	–	–	+
8–7	ХН55ВМТКЮ	ЭИ929	0,04–0,10	Не более 0,50	Не более 0,50	9,00–12,00	Осн.	1,40–2,00	3,60–4,50	4,50–6,50	4,00–6,00	–	0,20–0,80	Не более 5,00	0,010	0,015	Кобальт 12,00–16,00; бор не более 0,02; церий не более 0,02	–	–	+
8–8	ХН55К15МБЮВТ	ЭК151	0,04–0,08	Не более 0,30	Не более 0,40	10,00–12,00	Осн.	2,50–3,10	3,50–4,00	2,50–3,50	4,00–5,00	3,00–3,50	0,40–0,80	Не более 1,00	0,010	0,015	Кобальт 14,00–16,00; бор не более 0,01	–	–	+
8–9	ХН56ВМКЮ	ЭП109	Не более 0,10	Не более 0,60	Не более 0,30	8,50–10,50	Осн.	–	5,40–6,20	6,00–7,50	6,50–8,00	–	–	Не более 1,50	0,010	0,015	Кобальт 11,00–13,00; бор не более 0,02; церий не более 0,02	–	–	+
8–10	ХН56ВМТЮ	ЭП199	Не более 0,10	Не более 0,60	Не более 0,50	19,00–22,00	Осн.	1,10–1,60	2,10–2,60	9,00–11,00	4,00–6,00	–	–	Не более 4,00	0,015	0,015	Бор не более 0,008; магнийне более 0,05	–	–	+
8–11	ХН56КМЮБВТ	ЭК79	0,04–0,08	Не более 0,30	Не более 0,40	10,00–12,00	Осн.	2,40–3,00	2,80–3,30	2,00–3,00	4,00–5,00	2,50–3,00	0,40–0,80	Не более 1,00	0,010	0,015	Кобальт 12,50–16,00; лантан не более 0,08; церий не более 0,015; бор не более 0,01; магний не более 0,10; неодим не более 0,005	–	–	+
8–12	ХН56К16МБВЮТ	ВЖ172	0,030–0,070	Не более 0,40	Не более 0,50	14,50–15,50	Осн.	1,10–1,40	1,40–1,70	1,20–1,60	4,50–4,90	4,20–4,60	–	Не более 2,00	0,015	0,015	Кобальт 15,00–16,50; цирконий 0,60–1,00; бор не более 0,003; магний не более 0,03; лантан не более 0,03	–	–	+

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
8–13	ХН57МТВЮ	ЭП59О	Не более О,О7	Не более О,5О	Не более О,5О	17,ОО–19,ОО	Осн.	2,2О–2,8О	1,ОО–1,5О	1,5О–2,5О	8,5О–10,ОО	–	–	8,ОО–10,ОО	О,О1О	О,О15	Бор не более О,ОО5; церий не более О,О1	–	–	+
8–14	ХН58В	ЭП795	Не более О,О3О	Не более О,15	Не более 1,ОО	39,ОО–41,ОО	Осн.	–	–	О,5О–1,5О	–	–	–	Не более О,8О	О,О12	О,О15	–	+	–	–
8–15	ХН58МБЮ	ЭК171--ВХ159	О,04–О,08	Не более О,8О	Не более О,5О	26,ОО–28,ОО	Осн.	–	1,25–1,55	–	7,ОО–7,8О	2,7О–3,4О	–	Не более 3,ОО	О,О13	О,О13	Лантан не более О,О3; иттрий не более О,О3; бор не более О,ОО5; магний не более О,О3	–	+	–
8–16	ХН59КВЮМБТ	ЭП975	О,1О–О,16	Не более О,4О	Не более О,4О	7,5О–9,ОО	Осн.	2,ОО–2,7О	4,6О–5,1О	9,5О–11,ОО	О,8О–1,5О	1,ОО–2,ОО	–	Не более 1,ОО	О,О1О	О,О15	Кобальт 14,1О–17,ОО; бор не более О,О2; магний не более О,О3; лантан не более О,О3; церий не более О,О3	–	–	+
8–17	ХН6ОВТ	ЭИ868, ВХ98	Не более О,1О	Не более О,8О	Не более О,5О	23,5О–26,5О	Осн.	О,3О–О,7О	Не более О,5О	13,ОО–16,ОО	–	–	–	Не более 4,ОО	О,О13	О,О13	–	–	+	+
8–18	ХН6ОЮ	ЭИ559А	Не более О,1О	Не более О,8О	Не более О,3О	15,ОО–18,ОО	55,ОО–58,ОО	–	2,6О–3,5О	–	–	–	–	Осн.	О,О2О	О,О2О	Барий не более О,1О; церий не более О,О3	–	++	+
8–19	ХН62МВКЮ	ЭИ867	Не более О,1О	Не более О,6О	Не более О,3О	8,5О–1О,5О	Осн.	–	4,2О–4,9О	4,3О–6,ОО	9,ОО–11,5О	–	–	Не более 4,ОО	О,О11	О,О15	Кобальт 4,ОО–6,ОО; бор не более О,О2; церий не более О,О2	–	–	+
8–2О	ХН62ВМЮТ	ЭП7О8	О,05–О,1О	Не более О,4О	Не более О,5О	17,5О–2О,ОО	Осн.	1,ОО–1,4О	1,9О–2,3О	5,5О–7,5О	4,ОО–6,ОО	–	–	Не более 4,ОО	О,О15	О,О15	Церий не более О,О3; бор не более О,ОО8	–	–	+
8–21	ХН62БМКТЮ	ЭП742	О,04–О,08	Не более О,3О	Не более О,4О	13,ОО–15,ОО	Осн.	2,4О–2,8О	2,4О–2,8О	–	4,5О–5,5О	2,4О–2,8О	–	Не более 1,ОО	О,О1О	О,О15	Кобальт 9,ОО–11,ОО; лантан не более О,1О; церий не более О,О1; бор не более О,О1	–	–	+
8–22	ХН63МБ	ЭП758У	Не более О,О2О	Не более О,1О	Не более О,5О	19,ОО–21,ОО	Осн.	О,О1 –О,16	Не более О,25	–	15,ОО–16,5О	О,О2–О,1О	–	Не более О,5О	О,О2О	О,О25	Магний не более О,О5	+	–	–
8–23	ХН65МВУ	ЭП76О	Не более О,О2О	Не более О,1О	Не более 1,ОО	14,5О–16,5О	Осн.	–	–	3,ОО–4,5О	15,ОО–17,ОО	–	–	Не более О,5О	О,О12	О,О15	–	+	–	–

Продолжение табл. 2.6.

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
8–24	ХН65МВ	ЭП567	Не более 0,030	Не более 0,15	Не более 1,00	14,50–16,50	Осн.	–	–	3,00–4,50	15,00–17,00	–	–	Не более 1,00	0,012	0,015	–	+	–	–
8–25	ХН65ВМТЮ	ЭИ893	Не более 0,05	Не более 0,60	Не более 0,50	15,00–17,00	Осн.	1,20–1,60	1,20–1,60	8,50–10,00	3,50–4,50	–	–	Не более 3,00	0,012	0,015	Бор не более 0,01; церий не более 0,025	–	–	+
8–26	ХН67МВТЮ	ЭП202	Не более 0,08	Не более 0,60	Не более 0,50	17,00–20,00	Осн.	2,20–2,80	1,00–1,50	4,00–5,00	4,00–5,00	–	–	Не более 4,00	0,010	0,015	Бор не более 0,01; церий не более 0,01	–	–	+
8–27	ХН68ВМТЮК	ЭП693	Не более 0,10	Не более 0,50	Не более 0,40	17,00–20,00	Осн.	1,10–1,60	1,60–2,30	5,00–7,00	3,00–5,00	–	–	Не более 5,00	0,015	0,015	Кобальт 5,00–8,00; церий не более 0,005; бор не более 0,005	–	–	+
8–28	ХН69МБЮТВФ	ЭК100, ВХ136	0,020–0,070	Не более 0,40	Не более 0,40	15,50–17,50	Осн.	0,80–1,30	2,00–2,50	0,80–1,50	3,80–4,60	2,20–2,60	0,80–1,50	Не более 2,50	0,007	0,010	Лантан не более 0,01; церий не более 0,01; бор не более 0,005; магний не более 0,03; цирконий не более 0,005	–	–	+
8–29	ХН70Ю	ЭИ652	Не более 0,10	Не более 0,80	Не более 0,30	26,00–29,00	Осн.	–	2,80–3,50	–	–	–	–	Не более 1,00	0,012	0,015	Барий не более 0,10; церий не более 0,03	–	++	+
8–30	ХН70ВМЮТ	ЭИ765	0,10–0,16	Не более 0,60	Не более 0,50	14,00–16,00	Осн.	1,00–1,40	1,70–2,20	4,00–6,00	3,00–5,00	–	–	Не более 3,00	0,012	0,015	Бор не более 0,01	–	–	+
8–31	ХН70ВМТЮ	ЭИ617	Не более 0,12	Не более 0,60	Не более 0,50	13,00–16,00	Осн.	1,80–2,30	1,70–2,30	5,00–7,00	2,00–4,00	–	0,10–0,50	Не более 5,00	0,010	0,015	Бор не более 0,02; церий не более 0,02	–	–	+
8–32	ХН70МВТЮБ	ЭИ598	Не более 0,12	Не более 0,60	Не более 0,50	16,00–19,00	Осн.	1,90–2,80	1,00–1,70	2,00–3,50	4,00–6,00	0,50–1,30	–	Не более 5,00	0,010	0,015	Бор не более 0,01; церий не более 0,02	–	–	+
8–33	ХН70ВМТЮФ	ЭИ826	Не более 0,12	Не более 0,60	Не более 0,50	13,00–16,00	Осн.	1,70–2,20	2,40–2,90	5,00–7,00	2,50–4,00	–	0,20–1,00	Не более 5,00	0,009	0,015	Бор не более 0,015; церий не более 0,020	–	–	+
8–34	ХН73МБТЮ	ЭИ698	0,03–0,07	Не более 0,50	Не более 0,40	13,00–16,00	Осн.	2,35–2,75	1,45–1,80	Не более 0,20	2,80–3,20	1,90–2,20	–	Не более 2,00	0,007	0,015	Бор не более 0,008; церий не более 0,005; сурьма не более 0,001; свинец не более 0,001; олово не более 0,001; висмут не более 0,0001; мышьяк не более 0,001	–	+	–
8–35	ХН75ВМЮ	ЭИ827	Не более 0,12	Не более 0,40	Не более 0,40	9,00–11,00	Осн.	–	4,00–4,60	4,50–5,50	5,00–6,50	–	Не более 0,70	Не более 5,00	0,010	0,015	Бор не более 0,01–0,02; церий не более 0,01	–	–	+

Номер марки	Марка стали или сплава		Массовая доля элементов, %															Назначение стали или сплава		
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Вольфрам	Молибден	Ниобий	Ванадий	Железо	Сера	Фосфор	Прочие	Коррозионностойкая (ий)	Жаростойкая (ий)	Жаропрочная (ый)
															Не более					
8–36	ХН75МБТЮ	ЭИ602	Не более 0,10	Не более 0,80	Не более 0,40	19,00–22,00	Осн.	0,35–0,75	0,35–0,75	–	1,80–2,30	0,90–1,30	–	Не более 3,00	0,012	0,020	–	–	++	+
8–37	ХН77ТЮ	ЭИ437А	Не более 0,07	Не более 0,60	Не более 0,40	19,00–22,00	Осн.	2,40–2,80	0,60–1,00	–	–	–	–	Не более 1,00	0,007	0,015	Бор не более 0,003; церий не более 0,02; свинец не более 0,001	–	–	+
8–38	ХН77ТЮР	ЭИ437Б	Не более 0,07	Не более 0,60	Не более 0,40	19,00–22,00	Осн.	2,40–2,80	0,60–1,00	–	–	–	–	Не более 1,00	0,007	0,015	Бор не более 0,01; церий не более 0,02; свинец не более 0,001	–	–	+
8–39	ХН77ТЮРУ	ЭИ-437БУ	0,04–0,08	Не более 0,60	Не более 0,40	19,00–22,00	Осн.	2,60–2,90	0,70–1,00	–	–	–	–	Не более 1,00	0,007	0,015	Бор не более 0,01; церий не более 0,02; свинец не более 0,001	–	–	+
8–40	ХН78Т	ЭИ435	Не более 0,12	Не более 0,80	Не более 0,70	19,00–22,00	Осн.	0,15–0,35	Не более 0,15	–	–	–	–	Не более 1,00	0,010	0,015	–	–	++	+
8–41	ХН80ТБЮ	ЭИ607	Не более 0,08	Не более 0,80	Не более 1,00	15,00–18,00	Осн.	1,80–2,30	0,50–1,00	–	–	1,00–1,50	–	Не более 3,00	0,012	0,015	–	–	–	+

Примечания. 1. В первой графе таблицы цифра, стоящая перед тире, обозначает порядковый номер класса стали (1–6) или вида сплавов (7–8); цифры после тире обозначают порядковые номера марок в каждом из классов стали или видов сплавов. 2. Знак "–" означает, что массовая доля данного элемента не нормируется и не контролируется, если иное не указано в 6.3–6.9 настоящего стандарта. 3. Знак "+" означает применение стали или сплава по данному назначению; знак "++" обозначает преимущественное применение, если сталь или сплав имеют несколько применений. 4. Указанная в таблице массовая доли бария, бора, гафния, иттрия, лантана, магния, неодима, скандия, церия и циркония является расчетной и химическим анализом не определяется (за исключением случаев, специально оговоренных в стандартах или нормативных документах на металлопродукцию). 5. Буква "У" в обозначении стали или сплава означает:

– для сплава марки (8–39) ХН77ТЮРУ (ЭИ437БУ) отличие его химического состава по массовой доле углерода, титана и алюминия от сплава марки (8–38) ХН77ТЮР (ЭИ437Б);

– для сплава марки (8–23) ХН65МВУ (ЭП760) отличие его химического состава по массовой доле углерода, кремния и железа от сплава марки (8–24) ХН65МВ (ЭП567);

– для стали марки (6–10) 03Х21Н32М3БУ (ЧС33У) отличие его химического состава по массовой доле кобальта от стали марки (6–9) 03Х21Н32М3Б (ЧС33);

Для сплава марки (8–5) ХН55МВЦУ (ЧС57У) буква "У" означает введение в сплав дополнительно к иттрию и бору гафния и церия в отличие от сплава марки (8–4) ХН55МВЦ (ЧС57).

6. В графах "Титан" и "Ниобий" в формуле определения массовой доли титана и ниобия буква "С" означает количество углерода в стали. 7. В химическом составе сплава марки (8–1) Н70МФВ (ЭП814А) допускается увеличение массовой доли углерода на плюс 0,005% и кремния на плюс 0,02%. 8. В сталь марки (6–1) 02Х25Н22АМ2 (ЧС108) ниобий вводят по расчету, массовую долю не определяют. В документе о качестве указывают расчетное значение. 9. Для стали марки (6–9) 03Х21Н32М3Б (ЧС33) допускается технологическая присадка магния на 0,04%. Допускается замена иттрия на РЗМ в количестве 0,05%. 10. Для стали марки (6–13) 06Х16Н15М2Г2ТФР (ЧС68) отношение массовой доли титана к массовой доле углерода должно быть не менее 4. 11. Сплав марки (7–7) 08ХН35ВТЮ (ЭИ787) при использовании вместо сплавов на никелевой основе, что должно быть указано в заказе, изготовляют с массовой долей серы не более 0,010%, фосфора – не более 0,020%. 12. По согласованию изготовителя и заказчика (кроме предприятий атомного энергомашиностроения) допускаются отклонения от установленных норм химического состава сталей и сплавов при условии обеспечения механических и эксплуатационных свойств металлопродукции из них. Нормы устанавливаются в нормативных документах на поставку металлопродукции. 13. По согласованию изготовителя и заказчика сплав марки (8–25) ХН65ВМТЮ (ЭИ893) изготовляют с массовой долей углерода не более 0,06%. 14. Для предприятий атомного энергомашиностроения, а также по согласованию изготовителя с заказчиком, указанному в заказе, в сталях марок (6–23) 08Х18Н10Т, (6–24) 08Х18Н12Т, (6–40) 12Х18Н9, (6–41) 12Х18Н9Т, (6–42) 12Х18Н10Т, (6–44) 12Х18Н12Т, (6–46) 17Х18Н9 массовая доля фосфора не должна превышать 0,035%.

Таблица 2.7

Примерное назначение марок коррозионно-стойких сталей и сплавов

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение		
1–11 3–2 2–3	2ОХ13 О8Х13 12Х13	– ЭИ496 –	Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, предметы домашнего обихода), а также изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивных сред (атмосферные осадки, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре и др.)	Наибольшая коррозионностойкость достигается после термической обработки (закалка с отпуском) и полировки. Сталь марки О8Х13 допускается применять также после отжига
1–13	А25Х13Н2П (25Х13Н2)	ЭИ474	То же	Обладает лучшей обрабатываемостью на станках
1–14 1–18	3ОХ13 4ОХ13	– –	Режущий, мерительный и хирургический инструмент, пружины, карбюраторные иглы, предметы домашнего обихода, клапанные пластины компрессоров	Сталь применяется после закалки и низкого отпуска со шлифованной и полированной поверхностью, обладает повышенной твердостью
2–4	14Х17Н2	ЭИ268	Рабочие лопатки, диски, валы, втулки и другие детали, а также детали, работающие в агрессивных средах и при пониженных температурах в химической, авиационной и других отраслях промышленности	Наибольшей коррозионностойкостью обладает после закалки с высоким отпуском
1–2О	95Х18	ЭИ229	Шарикоподшипники высокой твердости для нефтяного оборудования, ножи высшего качества, втулки и другие детали, подвергающиеся сильному износу	Сталь применяется после закалки с низким отпуском
3–7	12Х17	–	Предметы домашнего обихода и кухонной утвари, оборудование заводов пищевой и легкой промышленности.Сталь для изготовления сварных конструкций не рекомендуется	Применяется в отожженном состоянии
3–3	О8Х17Т	ЭИ645	Рекомендуется в качестве заменителя стали марки 12Х18Н1ОТ для конструкций, не подвергающихся воздействию ударных нагрузок и при температуре эксплуатации не ниже минус 2О°С. Применяется для тех же целей, что и сталь марки 12Х17, в том числе для сварных конструкций	Применяется в качестве заменителя стали марок 12Х18Н9Т и 12Х18Н1ОТ
3–4	О8Х18Т1	–	То же, что и для марок 12Х17 и О8Х17Т, преимущественно для штампуемых изделий	То же
3–5	О8Х18Тч	ДИ–77	Рекомендуется в качестве заменителя стали марки 12Х18Н1ОТ для изготовления предметов домашнего обихода и кухонной утвари, оборудования пищевой и легкой промышленности и других изделий при температуре эксплуатации до минус 2О°С	Обладает несколько повышенной пластичностью и полируемостью по сравнению со сталью О8Х18Т1

Продолжение табл. 2.7.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение		
2–2	О7Х12НМФБ	ЧС8О	Для теплообменного оборудования энергетических установок	–
3–9	15Х25Т	ЭИ439	Рекомендуется в качестве заменителя стали марки 12Х18Н1ОТ для сварных конструкций, не подвергающихся действию ударных нагрузок при температуре эксплуатации не ниже минус 2О°С для работы в более агрессивных средах по сравнению со средами, для которых рекомендуется сталь марки О8Х17Т. Трубы для теплообменной аппаратуры, работающей в агрессивных средах	Эксплуатировать в интервале температур 4ОО°С–7ОО°С не рекомендуется
3–1О	15Х28	ЭИ349	То же и для спаев со стеклом	Сварные соединения склонны к межкристаллитной коррозии
4–8	2ОХ13Н4Г9	ЭИ1ОО	Заменитель холоднокатаной стали марок 12Х18Н9 и 17Х18Н9 для прочных и легких конструкций, соединенных точечной электросваркой	Хорошо сопротивляется атмосферной коррозии. Сварные соединения, выполненные другими методами, подвержены межкристаллитной коррозии
6–34	1ОХ14АГ15	ДИ–13	То же и для предметов домашнего обихода и стиральных машин	–
4–5	О9Х15Н8Ю1	ЭИ9О4	Рекомендуется как высокопрочная сталь для изделий, работающих в воздушной среде, уксуснокислых и других солевых средах и для упругих элементов	Повышенная прочность достигается применением отпуска при температурах 75О°С и 85О°С
4–2	О7Х16Н6	ЭП288	То же. Не имеет дельта–феррита	–
4–3	О8Х17Н5М3	ЭИ925	То же, что и сталь О8Х15Н8Ю и для сернокислых сред	Сталь хорошо сваривается
4–4	О8Х17Н6Т	ДИ–21	Применяется для крыльевых устройств, рулей, кронштейнов, судовых валов, работающих в морской воде. Рекомендуется как заменитель стали марок О9Х17Н7Ю и О9Х17Н7Ю1	Обладает более высокой стойкостью против межкристаллитной коррозии, чем сталь марок О9Х17Н7Ю и О9Х17Н7Ю1
5–4	О8Х18Г8Н2Т	КО–3	Рекомендуется как заменитель стали марок 12Х18Н1ОТ и О8Х18Н1ОТ для изготовления свариваемой аппаратуры, работающей в агрессивных средах, в химической, пищевой и других отраслях промышленности	Обладает более высокой прочностью по сравнению со сталью 12Х18Н1ОТ и О8Х18Н1ОТ
1–12	2ОХ17Н2	–	Рекомендуется как высокопрочная сталь для тяжелонагруженных деталей, работающих на истирание и на удар в слабоагрессивных средах	Обладает высокой твердостью (свыше HRC 45)
5–7	О8Х22Н6Т	ЭП53	Рекомендуется как заменитель стали марок 12Х18Н1ОТ и О8Х18Н1ОТ для изготовления свариваемой аппаратуры в химической, пищевой и других отраслях промышленности, работающей при температуре не более 3ОО°С	Обладает более высокой прочностью по сравнению со сталью 12Х18Н1ОТ и О8Х18Н1ОТ

Продолжение табл. 2.7.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение		
5–8	12Х21Н5Т	ЭИ811	Применяется для сварных и паяных конструкций, работающих в агрессивных средах	Сталь обладает более высокой прочностью по сравнению со сталью О8Х22Н6Т и лучшей способностью к пайке по сравнению со сталью О8Х18Н1ОТ
5–6	О8Х21Н6М2Т	ЭП54	Рекомендуется как заменитель марки 1ОХ17Н13М2Т для изготовления деталей и сварных конструкций, работающих в средах повышенной агрессивности: уксуснокислых, сернокислых, фосфорнокислых средах	Обладает более высокой прочностью по сравнению со сталью 1ОХ17Н13М2Т
6–33	1ОХ14Г14Н4Т	ЭИ711	Рекомендуется как заменитель стали марки 12Х18Н1ОТ для изготовления оборудования, работающего в средах слабой агрессивности, а также при температурах до минус 196°С	Обладает удовлетворительной сопротивляемостью межкристаллитной коррозии
6–39	12Х17Г9АН4	ЭИ878	Для изделий, работающих в атмосферных условиях. Рекомендуется как заменитель стали марок 12Х18Н9 и 12Х18Н1ОТ	–
6–35 6–36	1ОХ17Н-13М2Т 1ОХ17Н-13М3Т	ЭИ448 ЭИ432	Рекомендуется для изготовления сварных конструкций, работающих в условиях действия кипящей фосфорной, серной, 1О%–ной уксусной кислоты и сернокислых средах	–
6–21	О8Х17Н-15М3Т	ЭИ58О	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 1ОХ17Н13М2Т	Практически не содержит ферритной фазы. Обладает более высокой стойкостью против точечной коррозии, чем сталь марки 1ОХ17Н-13М2Т в средах, содержащих ионы хлора
6–4	О3Х17Н14М3	–	Применяется для тех же целей, что и сталь марок О8Х17Н15М3Т и 1ОХ17Н13М2Т	Обладает более высокой стойкостью против межкристаллитной и ножевой коррозии, чем сталь марок О8Х17Н15Н3Т и 1ОХ17Н13М2Т
5–9	15Х18Н-12С4ТЮ	ЭИ654	Рекомендуется для сварных изделий, работающих в воздушной и агрессивных средах, в частности в концентрированной азотной кислоте	Не склонна к трещинообразованию и коррозии под напряжением
6–16	О8Х1ОН2ОТ2	–	Рекомендуется как немагнитная сталь для производства крупногабаритных деталей, работающих в морской воде	–
6–11	О4Х18Н1О	ЭИ842, ЭП55О	Применяется для тех же целей, что и сталь марки О8Х18Н1ОТ и для работы в азотной кислоте и азотнокислых средах при повышенных температурах	Обладает более высокой стойкостью к межкристаллитной коррозии
6–6	О3Х18Н11	–	Применяется для тех же целей, что и сталь марки О8Х18Н1ОТ и для работы в азотной кислоте и азотнокислых средах при повышенных температурах	То же и с повышенной стойкостью к ножевой коррозии по сравнению со сталью 12Х18Н12Б
6–7	О3Х18Н12	–	То же и в электронной промышленности	Практически не содержит ферритной фазы

Продолжение табл. 2.7.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение		
6–4О 6–22	12Х18Н9 О8Х18Н1О	–	Применяется в виде холоднокатаного листа и ленты повышенной прочности для различных деталей и конструкций, свариваемых точечной сваркой, а также для изделий, подвергаемых термической обработке (закалке)	Сварные соединения, выполненные другими методами, кроме точечной сварки, склонны к межкристаллитной коррозии
6–46	17Х18Н9	–	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 12Х18Н9	Сталь более высокой прочности, чем сталь марки 12Х18Н9
1–1	О5Х16Н5АБ	ЭК172	Для изготовления деталей машин, работающих при температурах от минус 7О°С до плюс 4ОО°С, в том числе коррозионно– и износостойкого крепежа (болтов, винтов и пр.)	Не содержит дельта–феррита. Сталь более высокой прочности, обладающая повышенной сопротивляемостью коррозионным и коррозионно–механическим воздействиям в морской воде по сравнению со сталями О7Х16Н6, 14Х17Н2, 13Х11Н2В2МФ. Имеет повышенную стойкость против питтинговой и щелевой коррозии. Устойчива против коррозии в промышленной атмосфере, межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания под напряжением в 3,5%–ном растворе ИаСI
6–43	12Х18Н1ОЕ	ЭП47	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 12Х18Н9	По коррозионной стойкости то же, что и сталь марки 12Х18Н9, но обладает лучшей обрабатываемостью на станках
6–23	О8Х18Н1ОТ	ЭИ914	Рекомендуется для изготовления сварных изделий, работающих в средах более высокой агрессивности, чем сталь марок 12Х18Н1ОТ и 12Х18Н12Т	Сталь обладает повышенной сопротивляемостью межкристаллитной коррозии по сравнению со сталью 12Х18Н1ОТи 12Х18Н12Т
6–42 6–41	12Х18Н1ОТ 12Х18Н9Т	– –	Применяется для изготовления свариваемой аппаратуры в разных отраслях промышленности. Сталь марки 12Х18Н9Т рекомендуется применять в виде сортового металла и горячекатаного листа, не изготовляемого на станах непрерывной прокатки	–
6–14	О6Х18Н11	ЭИ684	Применяется для тех же целей, что и сталь марки О8Х18Н1О, при жестком ограничении содержания ферритной фазы	Содержание ферритной фазы более низкое, чем в стали марки О8Х18Н1О
6–24	О8Х18Н12Т	–	Применяется для тех же целей, что и сталь марки О8Х18Н1О, при жестком ограничении содержания ферритной фазы	Сталь практически не содержит ферритной фазы и обладает более высокой сопротивляемостью межкристаллитной коррозии
6–44	12Х18Н12Т	–	Применяется для тех же целей, что и сталь марки О8Х18Н1О, при жестком ограничении содержания ферритной фазы	Содержит меньшее количество ферритной фазы, чем сталь марки 12Х18Н1ОТ
6–25	О8Х18Н12Б	ЭИ4О2	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 12Х18Н12Т	Обладает повышенной стойкостью против точечной коррозии и более высокой стойкостью, чем сталь 12Х18Н1ОТ в азотной кислоте

Продолжение табл. 2.7.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение		
7–5	О6ХН28МДТ	ЭИ943	Для сварных конструкций, работающих при температурах до 8О°С в серной кислоте различных концентраций в кислых и сернокислых средах	–
7–2	О3ХН28МДТ	ЭП516	Для сварных конструкций, работающих при температурах до 8О°С в серной кислоте различных концентраций, за исключением 55%–ной уксусной и фосфорной кислот, в кислых и сернокислых средах	Обладает повышенной стойкостью к межкристаллитной и ножевой коррозии
7–4	О6ХН28МТ	ЭИ628	Рекомендуется для изготовления сварных конструкций и узлов, работающих в средах, менее агрессивных, чем для стали марки О6ХН28МДТ. В частности, в серной кислоте низких концентраций до 2О% при температуре не более 6О°С, а также в условиях действия горячей фосфорной кислоты	Обладает удовлетворительной сопротивляемостью межкристаллитной коррозии
1–3	О9Х16Н4Б	ЭП56	Применяется для изготовления высокопрочных штампосварных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами	Наибольшей коррозионной стойкостью обладает после закалки с низким отпуском (до 4ОО°С)
6–2О	О8Х17Н-13М2Т	–	Применяется для тех же целей, что и сталь марки 1ОХ17Н13М2Т	Обладает более высокой стойкостью против общей и межкристаллитной коррозии, чем сталь марки 1ОХ17Н-13М2Т
4–6	О9Х17Н7Ю	–	Применяется для крыльевых устройств, рулей и кронштейнов, работающих в морской воде	Наибольшей коррозионной стойкостью обладает после двукратного первого отпуска 74О°С–76О°С
4–7	О9Х17Н7Ю1	–	Применяется для судовых валов, работающих в морской воде	Наибольшей коррозионной стойкостью обладает после двукратного первого отпуска 74О°С–76О°С
6–15	О7Х21Г7АН5	ЭП222	Для сварных изделий, работающих при криогенных температурах до минус 253°С и в средах средней агрессивности	–
6–8	О3Х21Н-21М4ГБ	ЗИ35	Рекомендуется для изготовления сварных конструкций и узлов, работающих в условиях действия горячей фосфорной кислоты с примесью фтористых и сернистых соединений: серной кислоты низких концентраций и температуры не более 8О°С, азотной кислоты при высокой температуре (до 95°С)	Сталь хорошо сваривается
8–24	ХН65МВ	ЭП567	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих при повышенных температурах в сернокислых и солянокислых средах, обладающих окислительным, характером, в концентрированной уксусной кислоте и других весьма агрессивных средах	–
8–1	Н7ОМФВ	ЭП814А	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислоте и других средах восстановительного характера	Сплав устойчив к межкристаллитной коррозии в агрессивных средах восстановительного характера

Продолжение табл. 2.7.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение		
8–14	ХН58В	ЭП795	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих в растворах азотной кислоты в присутствии фторионов	Сплав устойчив к межкристаллитной коррозии в азотно–фторидных растворах
8–23	ХН65МВУ	ЭП76О	Применяется для изготовления сварных конструкций, работающих при повышенных температурах в агрессивных средах окислительно–восстановительного характера (серная, уксусная кислота, влажный хлор, хлориды и т.д.).	Сплав устойчив к межкристаллитной коррозии в агрессивных средах
1–2	О7Х16Н4Б	–	Предназначается для изготовления высоконагруженных деталей изделий судового машиностроения, сварных узлов, объектов атомной энергетики, химической промышленности	–
1–19	65Х13	–	Предназначается для изготовления лезвий безопасных бритв и кухонных ножей	–
5–2	О3Х23Н6	–	Предназначается для изготовления аппаратуры в химическом машиностроении	Обладает более высокой прочностью по сравнению со сталью марок О8Х18Н1ОТ и О5Х18Н11
5–3	О3Х22Н6М2	–	Предназначается для изготовления аппаратуры в химическом машиностроении	Обладает более высокой прочностью по сравнению со сталью марок 1ОХ17Н3М2Т и О3Х17Н14М3
6–5	О3Х18Н1ОТ	–	Применяется для изготовления сильфонов–компенсаторов	Обладает более высокой способностью к глубинной вытяжке, чем сталь марок О8Х18Н1ОТ и 12Х18Н1ОТ
6–12	О5Х18Н1ОТ	–	Применяется для изготовления сильфонов–компенсаторов	–
2–1	О5Х12Н2М	–	Применяется для теплообменного оборудования атомных энергетических установок (далее – АЭУ) и судовых котлов	–
6–29	О9Х18Н9	–	Применяется для оборудования и трубопроводов АЭУ	–
6–37	1ОХ18Н9	–	Применяется для оборудования АЭУ	–
5–1	О3Х22Н5АМ3	–	Трубные системы теплообменного оборудования АЭУ	Обладает повышенной коррозионной стойкостью в водных средах с хлор–ионами
6–18	О8Х16Н11М3	–	Оборудование АЭУ с натриевым теплоносителем	–
7–6	О7Х15Н-3ОВ5М2	ЧС81	Оборудование АЭУ с гелиевым и натриевым теплоносителями	–
6–9	О3Х21Н-32М3Б	ЧС33	Теплообменное оборудование и трубопроводы АЭУ	Имеет высокое сопротивление коррозионному растрескиванию в водных средах с хлор–ионами
6–1О	О3Х21Н32М-3БУ	ЧС33У	Теплообменное оборудование и трубопроводы АЭУ	
8–4	ХН55МВЦ	ЧС57	Оборудование высокотемпературных реакторных установок с гелиевым теплоносителем	–
8–5	ХН55МВЦУ	ЧС57У	Оборудование высокотемпературных реакторных установок с гелиевым теплоносителем	–

Таблица 2.8.

Примерное назначение марок жаростойких сталей и сплавов

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая максимальная температура применения в течение длительного времени (до 10000 ч),°С	Температура начала интенсивного окалино–образования в воздушной среде,°С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение				
1–16	40Х9С2	–	Клапаны выпуска автомобильных, тракторных и дизельных моторов, трубы рекуператоров, теплообменники, колосники	–	850	Устойчива в серосодержащих средах
1–17	40Х10С2М	ЭИ107	Клапаны моторов	–	850	Устойчива в серосодержащих средах
1–15	30Х13Н7С2	ЭИ72	Клапаны автомобильных моторов	–	950	Устойчива в серосодержащих средах
2–3	12Х13	–	Детали турбин, трубы, детали котлов	–	700	–
3–6	10Х13СЮ	ЭИ404	Клапаны автотракторных моторов, различные детали	–	950	Устойчива в серосодержащих средах
3–7	12Х17	–	Теплообменники, оборудование кухонь и т.п., трубы	–	900	–
3–3	08Х17Т	ЭИ645	Теплообменники, оборудование кухонь и т.п., трубы	–	900	–
3–4	08Х18Т1	–	Теплообменники, оборудование кухонь и т.п., трубы	–	900	–
3–8	15Х18СЮ	ЭИ484	Трубы пиролизных установок, аппаратура, детали	–	1050	Устойчива в серосодержащих средах
3–9	15Х25Т	ЭИ439	Аппаратура, детали, чехлы термопар, электроды искровых зажигательных свечей, трубы пиролизных установок, теплообменники	–	1050	–
3–10	15Х28	ЭИ349	Аппаратура, детали, трубы пиролизных установок, теплообменники	–	1100–1150	–
5–5	08Х20Н14С2	ЭИ732	Трубы	–	1000–1050	Устойчива в науглероживающих средах
5–10	20Х20Н14С2	ЭИ211	Печные конвейеры, ящики для цементации	–	1000–1050	Устойчива в науглероживающих средах
5–11	20Х23Н13	ЭИ319	Трубы/для пиролиза метана, пирометрические трубки	1000	1050	В интервале 600–800°С склонная к охрупчиванию из-за образования фазы
6–226–40	08Х18Н10 12Х18Н9	—	Трубы, детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей	800	850	Неустойчива в серосодержащих средах. Применяются в случаях, когда не могут быть применены безникелевые стали

Продолжение табл. 2.8.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая максимальная температура применения в течение длительного времени (до 10000 ч),°С	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде,°С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение				
6–23	08Х18Н10Т	ЭИ914	Трубы, детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей	800	850	Неустойчива в серосодержащих средах. Применяются в случаях, когда не могут быть применены безникелевые стали
6–42	12Х18Н10Т	–	Трубы, детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей	800	850	Неустойчива в серосодержащих средах. Применяются в случаях, когда не могут быть применены безникелевые стали
6–41	12Х18Н9Т	–	Трубы, детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей	800	850	Неустойчива в серосодержащих средах. Применяются в случаях, когда не могут быть применены безникелевые стали
6–44	12Х18Н12Т	–	Трубы	800	850	–
6–50	36Х18Н25С2	–	Печные конвейеры и другие нагруженные детали	1000	1100	Устойчива в науглероживающих средах
6–386–47	10Х23Н18 20Х23Н18	ЭИ417	Трубы и детали установок для конверсии метана, пиролиза, листовые детали	1000	1050	В интервале 600–800°С склонны к охрупчиванию из–за образования фазы
6–45	12Х25Н16Г7АР	ЭИ835	Детали газопроводных систем, изготавливаемых из тонких листов, ленты, сортового проката	1050	1100	Рекомендуется для замены жаростойких сплавов на никелевой основе
6–55	55Х20Г9АН4	ЭП303	Клапаны автомобильных моторов	–	950	–
6–54	45Х22Н4М3	ЭП48	Клапаны автомобильных моторов	–	950	–
6–48	20Х25Н20С2	ЭИ283	Подвески и опоры в котлах, трубы электролизных и пиролизных установок	1050	1100	В интервале 600–800°С склонны к охрупчиванию из-за образования фазы
7–12	12ХН38ВТ (ХН38ВТ)	ЭИ703	Детали газовых систем	1000	1050	Рекомендуется для замены жаростойкого сплава марки ХН78Т
7–8	10ХН28ВМАБ (ХН28ВМАБ)	ЭП126	Листовые детали турбин	Срок до 1000 ч 800–1000	1100	–
7–9	10ХН45Ю (ХН45Ю)	ЭП747	Детали горелочных устройств, чехлы термопар, листовые и трубчатые детали печей (например, производство вспученного перлита, обжиг керамической плитки)	1250–1300	–	Рекомендуется для замены сплава марки ХН78Т

Продолжение табл. 2.8.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая максимальная температура применения в течение длительного времени (до 10000 ч),°С	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде,°С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение				
8–18	ХН60Ю	ЭИ559А	Детали газопроводных систем, аппаратура	1200	Более 1250	–
8–36	ХН75МБТЮ	ЭИ602	Детали газопроводных систем, аппаратура	1050	1100	–
8–40	ХН78Т	ЭИ435	Детали газопроводных систем, сортовые детали, трубы	1100	1150	Неустойчива в серосодержащих средах
8–17	ХН60ВТ	ЭИ868, ВХ98	Детали двигателя	1000	1100	–
8–29	ХН70Ю	ЭИ652	Детали газопроводных систем	1200	Более 1250	Неустойчива в серосодержащих средах
8–15	ХН58МБЮ	ВХ159, ЭК171	Для жаровых труб	1000	–	–
8–2	ХН33КВЮ	ВХ145, ЭК102	Для жаровых труб, форсунок, дефлекторов	1100	–	–
6–29	09Х18Н9	–	Для оборудования и трубопроводов АЭУ	550	–	–
6–37	10Х18Н9	–	Для оборудования АЭУ	550	–	–
2–1	05Х12Н2М	–	Для оборудования АЭУ и судовых котлов	550	–	–
6–18	08Х16Н11М3	–	Для оборудования АЭУ с натриевым теплоносителем	600	–	–
7–6	07Х15Н30В5М2	ЧС81	Для оборудования АЭУ с гелиевым и натриевым теплоносителями	850	–	–
6–9	03Х21Н32М3Б	ЧС33	Для оборудования и теплопроводов АЭУ	550 – для трубных систем с водой; 750 – для трубных систем с газовым теплоносителем	–	–
6–10	03Х21Н32М3БУ	ЧС33У	Для оборудования и теплопроводов АЭУ	550 – для трубных систем с водой;750 – для трубных систем с газовым теплоносителем	–	–
8–4	ХН55МВЦ	ЧС57	Для оборудования высокотемпературных реакторных установок с гелиевым теплоносителем	950	–	–
8–5	ХН55МВЦУ	ЧС57У	Для оборудования высокотемпературных реакторных установок с гелиевым теплоносителем	950	–	–

Примечание. Температура начала интенсивного окалинообразования в воздушной среде дана ориентировочно.

Таблица 2.9

Примерное назначение марок жаропрочных сталей и сплавов

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая температура применения, °С	Срок службы	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде, °С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение					
1–16	4ОХ9С2	–	Клапаны моторов, крепежные детали	650	Длительный	850	–
1–17	4ОХ1ОС2М	ЭИ1О7	Клапаны моторов, крепежные детали	650	Длительный	850	–
1–4	11Х11Н2В2МФ	ЭИ962	Диски компрессора, лопатки и другие нагруженные детали	600	Длительный	750	–
1–5	13Х11Н2В2МФ	ЭИ961	Диски компрессора, лопатки и другие нагруженные детали	600	Длительный	750	–
1–8	16Х11Н2В2МФ	ЭИ962А	Диски компрессора, лопатки и другие нагруженные детали	600 500	Длительный Весьма длительный	750 750	–
1–11	2ОХ13	–	Лопатки паровых турбин, клапаны, болты и трубы	500	Весьма длительный	750	–
2–3	12Х13	–	Лопатки паровых турбин, клапаны, болты и трубы	550	Весьма длительный	700	–
1–6	13Х14Н3В2ФР	ЭИ736	Высоконагруженные детали, в том числе диски, валы, стяжные болты, лопатки и другие детали, работающие в условиях повышенной влажности	550	Весьма длительный	750	–
1–7	15Х11МФ	–	Рабочие и направляющие лопатки паровых турбин	580	Весьма длительный	750	–
2–5	15Х12ВНМФ	ЭИ8О2	Роторы, диски, лопатки, болты	780	Длительный	950	–
6–54	45Х22Н4М3	ЭП48	Клапаны моторов	850	Длительный	950	–
6–55	55Х2ОГ9АН4	ЭП3О3	Клапаны моторов	600	Весьма длительный	750	–
2–6	18Х12ВМБФР	ЭИ993	Поковки, турбинные лопатки, крепежные детали	500	Весьма длительный	750	–
3–2	О8Х13	ЭИ496	Лопатки паровых турбин, клапаны, болты и трубы	650	Ограниченный	750	–
6–51	37Х12Н8Г8МФБ	ЭИ481	Диски турбин	630	Длительный	750	–
6–31	1ОХ11Н2ОТ3Р	ЭИ696	Детали турбин (поковки, сорт, лист)	700	Ограниченный	850	–
6–3О	1ОХ11Н2ОТ2Р	ЭИ696А	Детали турбин (поковки, сорт, лист)	700	Ограниченный	850	–

Продолжение табл. 2.9.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая температура применения, °С	Срок службы	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде, °С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение					
6–32	1ОХ11Н23Т3МР	ЭП33	Пружины и детали крепежа	700	Ограниченный	850	–
1–3	О9Х16Н4Б	ЭП56	Трубы пароперегревателей и трубопроводы установок сверхвысокого давления, листовой прокат	650	Весьма длительный	850	–
6–26	О9Х14Н19В2БР	ЭИ695Р	Трубы пароперегревателей и трубопроводы установок сверхвысокого давления, листовой прокат	700	Весьма длительный	850	–
1–9	18Х11МНФБ	ЭП291	Высоконагруженные детали, лопатки паровых турбин, детали клапанов, поковки дисков, роторов паровых и газовых турбин	600	Весьма длительный	750	–
1–10	2ОХ12ВНМФ	ЭП428	Высоконагруженные детали, лопатки паровых турбин, детали клапанов, поковки дисков, роторов паровых и газовых турбин	600	Весьма длительный	750	–
6–27	О9Х14Н19В2БР1	ЭИ726	Роторы, диски и лопатки турбин	700	Весьма длительный	850	–
6–53	45Х14Н14В2М	ЭИ69	Клапаны моторов, поковки, детали трубопроводов	650	Длительный	850	–
2–4	14Х17Н2	ЭИ268	Рабочие лопатки, диски, валы, втулки	400	Длительный	800	–
6–52	4ОХ15Н7Г7Ф2МС	ЭИ388	Лопатки газовых турбин, крепежные детали	650	Ограниченный	800	–
6–17	О8Х15Н24В4ТР	ЭП164	Рабочие и направляющие лопатки, крепежные детали, диски газовых турбин	700	Весьма длительный	900	–
6–19	О8Х16Н13М2Б	ЭИ680	Поковки для дисков и роторов, лопатки, болты	600	Весьма длительный	850	–
6–28	О9Х16Н15М3Б	ЭИ847	Трубы пароперегревателей и трубопроводов высокого давления	350	Весьма длительный	850	–
6–42	12Х18Н10Т	–	Детали выхлопных систем, трубы, листовые и сортовые детали	600	Весьма длительный	850	–
2–2	О7Х12НМФБ	ЧС80	Теплообменное оборудование энергетических установок	620	–	–	–
6–44	12Х18Н12Т	–	Детали выхлопных систем, трубы, листовые и сортовые детали	600	Весьма длительный	850	Более стабильна при службе по сравнению с 12Х18Н10Т

Продолжение табл. 2.9.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая температура применения, °С	Срок службы	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде, °С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение					
6–41	12Х18Н9Т	–	Детали выхлопных систем, трубы, листовые и сортовые детали	600	Весьма длительный	850	–
6–49	31Х19Н9МВБТ	ЭИ572	Роторы, диски, болты	600	Весьма длительный	800	–
6–38	10Х23Н18		Трубы, арматура (при пониженных нагрузках)	1000	Длительный	1050	В интервале 600°С – 800°С склонна к охрупчиванию из-за образования фазы
6–47	20Х23Н18	ЭИ417	Детали установок в химической и нефтяной промышленности, газопроводы, камеры сгорания (допускается применять для нагревательных элементов сопротивления)	1000	Длительный	1050	То же
6–45	12Х25Н16Г7АР	ЭИ835	Листовые и сортовые детали, работающие при умеренных напряжениях	950	Ограниченный	1050–1100	Заменяет сплавы ХН75МБТЮ (ЭИ602) и ХН78Т (ЭИ435)
7–11	12ХН35ВТ (ХН35ВТ)	ЭИ612	Лопатки газовых турбин, диски, роторы, крепежные детали	650	Весьма длительный	850–900	–
7–7	08ХН35ВТЮ (ХН35ВТЮ)	ЭИ787	Диски и лопатки турбин и компрессоров	750	Ограниченный	900	Может заменять сплавы ЭИ437А и ЭИ437Б
7–12	12ХН38ВТ (ХН38ВТ)	ЭИ703	Листовые детали, работающие при умеренных напряжениях	950	Ограниченный	1050	Заменяет сплав ХН78Т
8–18	ХН60Ю	ЭИ559А	Листовые детали турбин, работающие при умеренных напряжениях (допускается применять для нагревательных элементов сопротивления)	1100	Ограниченный	1200	–
8–30	ХН70ВМЮТ	ЭИ765	Лопатки, крепежные детали	750 800	Весьма длительный Длительный	1000 1000	– –
8–31	ХН70ВМТЮ	ЭИ617	Лопатки турбин	850	Длительный	1000	–
7–3	05ХН32Т (ХН32Т)	ЭП670	Газоотводящие трубы, листовые детали высокотемпературных нефтехимических установок	850	Весьма длительный	1000	–
8–41	ХН80ТБЮ	ЭИ607	Лопатки, крепежные детали турбин	700	Весьма длительный	1050	–

Продолжение табл. 2.9.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая температура применения, °С	Срок службы	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде, °С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение					
8–32	ХН70МВТЮБ	ЭИ598	Лопатки турбин	850	Ограниченный	1000	–
8–29	ХН70Ю	ЭИ652	Листовые детали, газопроводы, работающие при умеренных напряжениях (допускается применять для нагревательных элементов сопротивления)	1100	Ограниченный	1200	–
8–40	ХН78Т	ЭИ435	Жаровые трубы	1000	Ограниченный	1100	–
8–26	ХН67МВТЮ	ЭП202	Лопатки, корпуса, диски, листовые детали турбин	800 850	Длительный Ограниченный	1000 1000	– –
8–36	ХН75МБТЮ	ЭИ602	Листовые детали турбин	950	Ограниченный	1050	–
8–38	ХН77ТЮР	ЭИ437Б	Диски, лопатки турбин	750	Ограниченный	1050	–
8–17	ХН60ВТ	ЭИ868, ВЖ98	Листовые детали турбин	1000	Ограниченный	1100	–
8–13	ХН57МТВЮ	ЭП590	Лопатки, корпуса и другие детали турбин	850	Кратко-временный	1000	–
8–6	ХН55МВЮ	ЭП454	Лопатки, диски турбин	900	Кратко-временный	1080	–
8–19	ХН62МВКЮ	ЭИ867	Лопатки, диски турбин	900 800	Ограниченный Длительный	1080 1080	– –
8–25	ХН65ВМТЮ	ЭИ893	Рабочие и направляющие лопатки, крепежные детали газовых турбин	800	Весьма длительный	1000	–
8–10	ХН56ВМТЮ	ЭП199	Высоконагруженные детали, штуцера, фланцы, листовые детали	800	Ограниченный	1050	–
8–33	ХН70ВМТЮФ	ЭИ826	Лопатки турбин	850	Длительный	1050	–
8–35	ХН75ВМЮ	ЭИ827	Лопатки турбин	850 800	Ограниченный Длительный	1080 1080	– –
8–9	ХН56ВМКЮ	ЭП109	Лопатки турбин	950	Ограниченный	1050	–
8–7	ХН55ВМТКЮ	ЭИ929	Лопатки турбин	950	Ограниченный	1050	–

Продолжение табл. 2.9.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая температура применения, °С	Срок службы	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде, °С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение					
8–39	ХН77ТЮРУ	ЭИ437БУ	Диски, лопатки турбин	750	Ограниченный	1050	Применяется для изделий, сечение которых больше, чем сечение изделий из сплава марки ХН77ТЮР (ЭИ437Б)
8–34	ХН73МБТЮ	ЭИ698	Крепежные детали	700	Длительный	1000	–
6–18	08Х16Н11М3		Оборудование АЭУ с жидкометаллическим теплоносителем	600	Длительный		Имеет лучшую стойкость к хрупким разрушениям в околошовной зоне в процессе эксплуатации по сравнению со сталями марок 09Х18Н9, 10Х18Н9
7–6	07Х15Н30В5М2	ЧС81	Оборудование АЭУ с газовым и жидкометаллическим теплоносителем	850	Длительный	–	–
6–9	03Х21Н32М3Б	ЧС33	Теплообменное оборудование АЭУ	До 550 – для трубных систем с водой; до 750 – для АЭУ с газовым теплоносителем	Длительный	–	–
6–10	03Х21Н32М3БУ	ЧС33У	Теплообменное оборудование АЭУ	До 550 – для трубных систем с водой; до 750 – для АЭУ с газовым теплоносителем	Длительный	–	–
8–4	ХН55МВЦ	ЧС57	Оборудование высокотемпературных реакторных установок с газовым теплоносителем	950	Длительный	–	Имеет высокую стабильность механических свойств при повышенных температурах эксплуатации
8–5	ХН55МВЦУ	ЧС57У	Оборудование высокотемпературных реакторных установок с газовым теплоносителем	950	Длительный	–	Имеет высокую стабильность механических свойств при повышенных температурах эксплуатации

Продолжение табл. 2.9.

Номер марки	Марка стали или сплава		Назначение	Рекомендуемая температура применения, °С	Срок службы	Температура начала интенсивного окалино-образования в воздушной среде, °С	Примечание
	Обозначение	Условное обозначение					
8–17	ХН6ОВТ	ВЖ98, ЭИ868	Для жаровых труб, форсунок, дефлекторов	1ООО	Длительный	–	–
8–15	ХН58МБЮ	ВЖ159, ЭК171	Для жаровых труб	1ООО	Длительный	–	–
8–3	ХН54К15МБЮВТ	ВЖ175	Диски и дефлекторы газотурбинных двигателей	75О	Длительный	–	–
8–8	ХН55К15МБЮВТ	ЭК151	Диски компрессора	75О	Длительный	–	–
8–11	ХН56КМЮБВТ	ЭК79	Диски компрессора	75О	Длительный	–	–
8–21	ХН62БМКТЮ	ЭП742	Диски компрессоров	75О	Длительный	–	–
8–16	ХН59КВЮМБТ	ЭП975	Диски компрессоров	85О	Длительный	–	–
8–28	ХН69МБЮТВР	ВЖ136, ЭК1ОО	Сварные конструкции	65О	Длительный	–	–
7–1О	ХН45МВТЮБР	ВЖ1О5, ЭП718	Корпусные детали статора	7ОО	Длительный	–	–
8–12	ХН56К16МБВЮТ	ВЖ172	Корпусные детали статора	9ОО	Длительный	–	–
8–27	ХН68ВМТЮК	ЭП693	Силовые конструкции статора, корпусов камер сгорания и дефлекторы	95О	Длительный	–	–
8–2О	ХН62ВМЮТ	ЭП7О8	Диски компрессора	9ОО	Длительный	–	–

Приме чания.

1. Под кратковременным сроком работы условно понимают время службы детали до 1ОО ч, под ограниченным сроком работы – от 1ОО до 1ООО ч, под длительным сроком работы – от 1ООО до 1ОООО ч (в отдельных случаях до 2ОООО ч), под весьма длительным сроком работы – время значительно больше 1ОООО ч (обычно от 5ОООО до 1ООООО ч).
2. Рекомендуемая температура применения, срок работы, температура начала интенсивного окалинообразования даны ориентировочно.

Таблица 2.1О.

Предельные отклонения по массовой доле химических 5лементов в готовой продукции

Наименование элемента	Верхняя предельная массовая доля элементов в стали или сплаве, %	Предельные отклонения, %
Углерод	До 0,03О включ.	+О,ОО5
	Св. 0,03О “ 0,2О “	±О,О1
	“ 0,2О	±О,О2
Кремний	До 1,ОО включ.	+О,О5
	Св. 1,ОО	±О,1О
Марганец	До 1,ОО включ.	+О,О4
	Св. 1,ОО “ 2,ОО “	±О,О5
	“ 2,ОО “ 5,ОО “	±О,О6
	“ 5,ОО “ 1О,ОО “	±О,О8
	“ 1О,ОО	±О,15
Сера	В пределах норм таблицы 1	+О,ОО5
Фосфор	В пределах норм таблицы 1	+О,ОО5
Азот	Св. О,О3 до О,11 включ.	±О,О1
	“ О,11 “ О,6О “	±О,О2
Алюминий	До О,2О включ.	±О,О2
	Св. О,2О “ 1,ОО “	±О,О5
	“ 1,ОО “ 5,ОО “	±О,1О
	“ 5,ОО	±О,15
Титан	До 1,ОО включ.	±О,О5
	Св. 1,ОО	±О,1О
Ванадий	В пределах норм таблицы 1	±О,О2
Ниобий	Св. О,О5 до 1,8О включ.	+О,О2
	“ 1,8О “ 3,ОО “	±О,О5
	“ 3,ОО “ 4,6О “	±О,1О
Молибден	До 1,75 включ.	±О,О5
	Св. 1,75	±О,1О
Вольфрам	До О,2О включ.	±О,О2
	Св. О,2О “ 1,ОО “	±О,О4
	“ 1,ОО “ 5,ОО “	±О,О5
	“ 5,ОО	±О,1О
Хром	До 1О,О включ.	±О,1О
	Св. 1О,О “ 15,О включ.	±О,15
	“ 15,О	±О,2О
Никель	До 1,ОО включ.	±О,О4
	Св. 1,ОО “ 2,ОО “	±О,О5
	“ 2,ОО “ 5,ОО “	±О,О7
	“ 5,ОО “ 1О,ОО “	±О,1О
	“ 1О,ОО “ 2О,ОО “	±О,15
	“ 2О,ОО	±О,35
Медь	До 1,ОО включ.	±О,О5
	Св. 1,ОО	±О,1О

Приме чания.

1. Для стали марки (1-13) А25Х13Н2П (ЭИ474) допускается предельное отклонение по сере - ±О,О1%.
2. Для стали марки (2-2) О7Х12НМФБ (ЧС8О) допускаются предельные отклонения по углероду - плюс О,О1%, хрому - минус О,5О%, азоту - плюс О,О1%, кремнию - плюс О,1О%.
3. Для стали марки (3-1) О4Х14Т3Р1Ф (ЧС82) допускаются предельные отклонения по углероду - плюс О,О1%, хрому - плюс О,5О%, бору - плюс О,1О%, титану - плюс О,5О%, ванадию - плюс О,1О%, алюминию - плюс О,2О%, кремнию - плюс О,1О%, никелю - плюс О,15%.
4. Для стали марки (5-8) 12Х21Н5Т (ЭИ811) допускаются предельные отклонения по титану - минус О,О5%, углероду - плюс О,О1%, алюминию - плюс О,О2%.
5. Для стали марки (6-1) О2Х25Н22АМ2 (ЧС1О8) допускаются предельные отклонения по углероду, фосфору, молибдену, азоту - в соответствии с данными таблицы 2. По другим элементам предельные отклонения не допускаются.
6. Для стали марки (6-13) О6Х16Н15М2Г2ТФР (ЧС68) допускаются предельные отклонения по марганцу - минус О,3О%, алюминию - плюс О,О5%.
7. Для сплава марки (8-38) ХН77ТЮР (ЭИ437Б) допускаются предельные отклонения по титану плюс О,1О%, по алюминию плюс О,О5%.
8. Для сплава марки (8-39) ХН77ТЮРУ (ЭИ437БУ) предельное отклонение по титану - плюс О,О5%

Таблица 2.11.

Массовая доля остаточных 5лементов в сплавах

Наименование элемента	Максимально допустимая массовая доля остаточных элементов в сплавах, %	
	на никелевой основе	на железоникелевой основе
Титан	О,2О	О,2О
Алюминий	О,2О	О,1О
Ниобий	О,2О	О,1О
Ванадий	О,2О	О,1О
Молибден	О,2О	О,2О
Вольфрам	О,2О	О,2О
Кобальт	О,5О	О,5О
Медь	О,О7	О,25
Приме чание. В сплаве марки (7-7) О8ХН35ВТЮ (ЭИ787) остаточная массовая доля меди не должна превышать О,15%.		

Таблица 2.12

Рекомендуемые состав и размеры стального листового проката, мм

Основные размеры	Листовой прокат		
	Сталь листовая горячекатаная (ГОСТ 19903)	Сталь листовая холоднокатаная (ГОСТ 19904)	Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозионностойкая (ГОСТ 10885)
Ширина	500—3800	500—2300	1200—2800
Длина	1 200—12 000	1000—6000	2000—9400
Толщина листа стали:			
углеродистой обыкновенного качества (ГОСТ 380)	0,5—160 (в листах) 1,2—12 (в рулонах)	0,5—5 (в листах) 0,5—3 (в рулонах)	4—160 —
Качественной углеродистой низколегированной (ГОСТ 5520)	4—160	—	4—160
котельной (ГОСТ 5520)	4—60	—	4—160
коррозионностойкой, жаростойкой и жаропрочной	1,5—3,9 (ГОСТ 5582) 4—50 (ГОСТ 7350)	0,7—3,9 (ГОСТ 5582) 4—5 (ГОСТ 7350)	— —

Таблица 2.13

Рекомендуемые размеры листовой горячекатаной стали, мм

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина
В листах			В рулонах	
0,4–0,6	500–1000	750–2000	1,2–12,0	500–630
0,63–0,75	500–1250	710–2500	1,5–12,0	650–950
0,8–0,9	500–1250	710–2500	1,2–12,0	1000–1250
1,0	600–1250	1420–2500	1,5–12,7	1400–1500
1,2–1,4	600–1250	1420–3000	3–12	1600–1800
1,5–1,8	600–1500	1420–6000	6–10	1900–2000
2,0–2,8	600–1500	1420–6000	7–10	2100–2200
3,0–3,9	600–1800	1420–6000		
4,0–5,6	600–1800	1420–6000		
6,7–7,0	760–2000	2000–7000		
8–10	710–2500	2000–12000		
11 –12	1000–2500	2000–12000		
13–25	1000–2800	2500–12000		
26– 40	1250–3600	2500–12000		
42–160	1250–3800	2500–9000		

Таблица 2.12

Рекомендуемые размеры листовой холоднокатанной стали, мм

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина
В листах			В рулонах	
0,35–0,5	500–1100	1000–3000	0,5–3,0	500–1000
0,55–0,65	500–1250	1000–3500	0,55–3,0	1100–1250
0,7–0,75	500–1420	1000–4000	0,7–3,0	1400
0,8–1,0	500–1500	1000–4000	0,7–2,5	1420
1,1 –1,3	500–1800	1000–4200	0,8–2,5	1500
1,4–2,0	500–1800	1000–6000	1,1–2,5	1600–1800
2,2–3,2	500–2300	1000–6000	2,1–2,5	1900–2300
3,5–3,9	2500–2300	2000–4750		
4,0–5,0	1250–2300	3000–4500		

Таблица 2.13

Листы двухслойные коррозионностойкие

Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионностойкого слоя, мм	Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионностойкого слоя, мм
4 4; 5 6; 7 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14;15 16; 17; 18; 19; 20; 21	0,7—1,1 0,8—1,2 1,0—1,8 2,0—3,0 2,5—3,1	22; 24; 25; 26 28; 30 32; 34; 36; 38 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60	3,0–4,0 3,5–5,0 4,0–6,0
Примечание. В двухслойной стали, изготовленной электрошлаковой сваркой, промежуточный слой относится к основному. Длина и ширина двухслойных листов соответствуют ГОСТ 19903.			

Технологическое оборудование, кроме высоких механических нагрузок, испытывает в ряде случаев агрессивное воздействие коррозионноактивных сред. В этом случае агрегаты, узлы и детали оборудования должны изготавливаться из коррозионностойких сталей. В нашей стране принята десятибалльная шкала коррозионной стойкости материалов, которая приведена в табл. 2.14.

Рекомендуемые марки сталей для изготовления коррозионностойкого оборудования приведены в табл. 2.15.

В табл. 2.16 приведены сведения коррозионной стойкости различных марок сталей в тех или иных условиях эксплуатации.

Таблица 2.14

Десятибалльная шкала коррозионной стойкости

Группа стабильности	Скорость коррозии металла, мм/год	Балл
Совершенно стойкие	0,001	1
Весьма стойкие	0,001 до 0,005	2
	0,005 » 0,01	3
Стойкие	0,01 » 0,05	4
	0,05 » 0,1	5
Пониженностойкие	0,1 » 0,5	6
	0,5 » 1,0	7
Малостойкие	1,0 » 5,0	8
	5,0 » 10,0	9
Нестойкие	10,0	10

Таблица 2.15

Коррозионностойкие стали, применяемые в РФ (справочное)

Структурный класс	Марка	Область применения
Ферритный	О8Х13, О8Х18Т1	Изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивных сред (атмосферные осадки, слабые растворы минеральных и органических кислот) при комнатной температуре
	15Х25Т	Детали, не подвергающиеся действию ударных нагрузок, работающие в средах окислительного характера
Аустенитный	О8Х18Н1ОТ	Сварная аппаратура, работающая в окислительных средах типа азотной кислоты и др.
	О8Х17Н13М2Т	Сварная аппаратура, работающая в кипящей фосфорной, серной, 1О%-ной уксусной кислоте и сернокислых средах
	1ОХ14Г14М4Т	Сварная аппаратура, работающая в окислительных средах слабой агрессивности, а также при температурах до –253 °С
	О3Х21Н21М4ГБ	Сварная аппаратура по производству фосфорных удобрений
Аустенитоферритный	О8Х22Н6Т	Сварная аппаратура в химической, пищевой и других отраслях промышленности; является заменителем стали типа Х18Н1ОТ при температуре до 3ОО °С
	О8Х21Н6М2Т	Заменитель стали 1ОХ17Н13М2Т
Мартенситный	2ОХ13, 3ОХ13, 4ОХ13	Режущий, измерительный и хирургический инструмент, упругие элементы, предметы домашнего обихода
Аустенитомартенситный	О7Х16Н6	Высокопрочные штампосварные конструкции и детали, работающие в слабоагрессивных условиях
	О8Х17Н5М3	Нагруженные детали, работающие в атмосферных условиях, слабоагрессивных условиях восстановительного характера
Мартенситоферритный	12Х13	Предметы домашнего обихода, изделия, работающие в слабоокислительных условиях
	14Х17Н2	Нагруженные детали, работающие в слабоагрессивных условиях окислительного характера в авиационной, химической промышленности

Таблица 2.16

Коррозионная стойкость (в баллах) сталей в различных средах

Коррозионная среда	*t*, °С	08Х13, 12Х13	08Х18Т1	15Х25	08Х21Н5Т	08Х21Н6М2Т	08Х18Н10Т	08Х17Н13М2Т
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Азотная кислота концентрации, %:								
5	20	5	4	3	–	–	3	3
5	85	7	5	5	–	–	4	4
5	$t_{кип}$	8	7	5	–	–	–	–
10	20	5	4	4	–	3	3	–
10	85	7	5	5	4	5	5	5
10	$t_{кип}$	8	7	6	5	5–6	5–6	5–6
50	20	6	6	5	–	–	3	3
50	80	8	7	6	4	5	5	4–5
50	$t_{кип}$	9	8	7	6	6	6	6–7
65	20	6	5	5	–	–	4	4
65	85	9	8	7	5	5	5	5
65	$t_{кип}$	10	9	8	7–8	–	8	8
Серная кислота концентрации, %:								
10	20	10	10	10	5	4	5	4
10	75	10	10	10	7	6	7	7
10	$t_{кип}$	10	10	10	10	10	10	10
40	20	10	10	10	7–8	6–7	7–8	6–7
40	50	10	10	10	8	7	8	7
40	100	10	10	10	10	10	10	10
60	20	9	8	8	4	4	4	3–4
60	70	10	10	10	10	9	10	9
60	100	10	10	10	4	10	10	10
98	20	6	6	6	–	3	4	3
98	100	8	8	7	10	9	10	9
100	20	5	4	4		3	5	3
100	70	–	–	–		7	9	8
150	10	10	10	–		10	10	10
Смесь кислот концентрации, % (азотная+ +серная):								
1,0+50	50	–	–	–	4	4	5	4
3,0+30	50	–	10	10	4	–	5	5
3,0+30	$t_{кип}$	–	–	–	–	5	7	–
5,0+15	$t_{кип}$	–	–	–	5	5	5	5
5,0+50	50	7	6	6	5	9	5	5
5,0+65	100	8	7	5	–	–	10	9
15+80	60	–	–	–	–	5	6	–
25+75	60				10	9	10	5
36+5	85	8	6	6	7	6	6	6
Соляная кислота концентрации, %:		8	7	7	10	9	9	5
0,5	20	10	10	10	9	6	6	8
0,5	50	9	8	8	9	9	9	6
0,5	$t_{кип}$	10	10	10	10	6	8	9
5	20	10	10	10	8	9	8	7
5	60	10	10	10	9	8	8	7
10	20	10	10	10	10	8	8	8
10	60	10	10	10		8	7	7
20	20	10	10	10		8	8	8
20	20	10	10	9		8	9	6
20	60	10	10	10		9		7
30	20	10	10	10		9		7
30	60							
37	20							

Продолжение табл. 2.16

Коррозионная среда	t, °С	08Х13, 12Х13	08Х18Т1	15Х25	08Х21Н5Т	08Х21Н6М2Т	08Х18Н10Т	08Х17Н13М2Т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Уксусная кислота концентрации, %:								
10	90	5	5	5	4	3	4	3
10	$t_{кип}$	–	–	–	5	4	5	4
50	20	6	5	4	1	1	1	1
50	75	8	6	6	4	3	4	3
50	$t_{кип}$	10	8	7	6	5	6	5
15	20	7	6	6	1	1	1	1
15	80	8	7	7	4	3	5	3
15	$t_{кип}$	10	9	8	–	5	8	5
50	20	7	7	6	1	1	3	1
50	60	–	–	–	4	3	4	3
50	100	10	9	8	–	5	8	5
80	20	6	5	5	1	1	2	2
80	80	9	8	–	–	4	5	5
80	$t_{кип}$	10	9	8	8	6	8	6
98	$t_{кип}$	–	–	–	6	5	7	5
100	20	6	5	–	–	4	5	4
100	90	9	–	–	6	5	6	5
100	$t_{кип}$	10	10	–	–	7	8	6
Фосфорная кислота концентрации, %:								
5	20	4	3	3	1	1	1	1
5	50	5	4	3	2	2	2	2
10	$t_{кип}$	9	8	–	4	4	4	4
50	20	8	7	5	2	2	3	3
50	85	–	8	6	5	4	5	4
50	$t_{кип}$	10	9	8	2	2	–	5
85	20	4	4	3	4	3	4	3
85	85	9	8	8	7	6	6	4
85	$t_{кип}$	10	10	10	5	5	8	7
90	110	10	10	10	–	–	10	10
Фтористо-водородная кислота концентрации, %:								
5	20	–	–	–	10	10	10	7
10	20	–	–	–	–	–	7	7
40	20	10	10	10	10	10	10	8
Щавелевая кислота концентрации, %:								
5	20	8	7	6	–	–	5	4
5	85	8	7	7	–	6	7	5
10	20	8	7	6	5	5	5	5
10	75	8	8	8	–	–	7	6
10	$t_{кип}$	10	10	10	8	7	10	8
25	85	9	9	8	9	7	9	8
25	$t_{кип}$	10	10	10	–	9	10	8
Едкое кали (КОН) концентрации, %:								
25	$t_{кип}$	4	4	4	3	3	4	3
50	20	2	2	2	2	2	2	2
50	$t_{кип}$	7	7	7	5	5	7	6
	300	10	10	10	10	10	10	10
Расплав								
Едкий натр концентрации, %:								
10	90	5	5	–	5	4	5	4
20	50	4	4	–	4	3	4	3
20	$t_{кип}$	8	5	–	5	5	5	5
60	90	8	7	7	5	5	5	5
60	160	–	–	–	9	8	9	8
90	300	9	9	9	–	–	8	8
Расплав	318	10	10	10	9	9	10	10

2.2. Международное сопоставление стандартных марок сталей

Развитие рыночных отношений между нашей страной и западным сообществом существенно увеличило поставки импортного технологического оборудования, которое изготавливается из конструкционных сталей, отвечающих национальным стандартам стран–производителей оборудования. Поставляемое оборудование может подвергаться ремонту, конструктивным доработкам, а для этих целей могут использоваться отечественные конструкционные стали и сварочная проволока. Ниже в таблицах 2.17 – 2.23 приведено сопоставление отечественных конструкционных сталей со стандартными сталями ряда европейских стран.

Таблица 2.17

Сталь углеродистая обыкновенного качества

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югославия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Fe 31O–O (A O)	АСтО	10 000	Č.0000	StOS	1.OO35 Fe 31O–O		СтО–2
2		АСт1кл						Ст1кп2
3		АСт1пс						Ст1пс2
4		АСт1сп						Ст1сп2
5		АСт2					OL 34	
6		ВСт2кп	11 343	Č.O27O				Ст2кп2
7		ВСт2пс						Ст2пс2
8		ВСт2сп		Č.O261				Ст2сп2
9	Fe E 235 B (A 38)	АСт3				1.OO37 Fe E 235 B	OL 37.2	
1O	Fe E 235 BFU (A 38 X)	ВСт3кп	11 373	Č.O37O	St3SX	1.OO36 Fe E 235 BFU	OL 37.1	Ст3кп2
11		ВСт3пс			St3SY			Ст3пс2
12		ВСт3пс2			St3SYU			Ст3пс3
13		ВСт3пс3						Ст3пс4
14		ВСт3пс4						Ст3пс5
15		ВСт3сп	11 375	Č.O361	St3V		OL 37.3k	Ст3сп2
16	Fe E 235 BFИ (A 38 B)	ВСт3сп2			St3SU	1.OO38 Fe E 235 BFИ		Ст3сп3
17	Fe E 235 C (37 C)					1.O116 Fe E 235 C		
18	Fe E 235 D (37 D)					1.O116 Fe E 235 D		
19		ВСт3сп3			St3SM		OL 37.4k	Ст3сп4
2O					St3SJ			Ст3сп6
21		АСт4	11 423	Č.O46O	St4S		OL 42.3	
22		ВСт4кп			St4SX			Ст4кп2
23		ВСт4пс			St4SY			Ст4пс2
24		ВСт4пс2			St4SYU			Ст4пс3
25		ВСт4сп	11 425				OL 44.2k	Ст4сп2
26	Fe E 275 B (A 44 B)				St4V	1.OO44 Fe E 275 B		
27		ВСт4сп2					OL 42.1a	Ст4сп3
28	Fe E 275 C					1.O144 Fe E 275 C		
29	Fe E 275 D					1.O144 Fe E 275 D		
3O	Fe E 355 B (52 B)					Fe E 355 B		
31	Fe E 355 C (52 C)					1.O57O Fe E 355 C		
32	Fe E 355 D (52 D)					1.O57O Fe E 355 D		
33	Fe 49O–2 (A 5O)	АСт5сп	11 5OO	Č.O545	St5	1.OO5O Fe 49O–2	OL 5O.1k	Ст5сп3
34	Fe 59O–2 (A 6O)	АСт6	11 6OO	Č.O645	St6	1.OO6O Fe 59O–2	OL 6O.1k	Ст6сп3

35	Fe 69O–2 (A 7O)		11 7OO	Č.O745	St7	1.OO7O Fe 69O–2	OL 7O.1k	

Таблица 2.18

Сталь конструкционная низколегированная

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югославия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		О9Г2			O9G2		O9 МИ 16	О9Г2
2		О9Г2Д			O9G2Cu			О9Г2Д
3		14Г2						14 Г2
4	45 D			Č.O483	15GA	P 275 И	OCS 44.5a	17ГС
5	52 C		11 523	Č.O562				
6		18Г2			18G2A			
7		17Г1С						17Г1С
8	52 D			Č.O563		1.O562 P 355 И		
9		О9Г2С						О9Г2С
1О		1ОГ2С1						1ОГ2С1
11		15ГФ						15ГФ
12	52 E	1ОГ2САФ	11 5О3		15G2АИИb	1.O566 PL 355 И G1	OCS 52.7a	
13						1.11O6 PL 355 И G2		
14		14Г2АФ						14Г2АФ
15		14Г2АФД						14Г2АФД
16		17Г2САФ			18G2AV			16Г2АФ
17		О9Г2Б						1ОГ2Б
18		1ОХСНД	16 211					1ОХСНД
19	E 42O C						OCS 55.3a	
2О	E 42O D					1.89O2 P 42O И	OCS 55.4a	
21	E 42O E					1.8912 PL 42O И G1	R 55	
22	E 46O C						OCS 58.3a	
23	E 46O D					1.89O5 P 46O И	OCS 58.4a	
24	E 46O E					1.8915 PL 46O И G1	R 58	
25						1.8918 PL 46O И G2		

Таблица 2.19

Отечественные коррозионно-стойкие стали и их зарубежные аналоги

№ п/п	Россия, ГОСТ 5632	Австралия, AS 1449	Австрия, ÖИORM	Болгария, BDS
1	О2Х8Н22С6	—	—	—
2	О8Х13	41О S	—	OChl3
3	12Х13	41О	—	1Ch13
4	2ОХ13	42О	—	2Chl3
5	3ОХ13	—	—	3Chl3
6	4ОХ13	—	—	4Chl3
7	2ОХ13Н4Г9	—	—	2Chl3И4G9
8	О7Х16Н6	—	—	—
9	О9Х16Н4Б	63О	—	—
1О	О3Х16Н15М3	317L*	X2CrИiMo 18 14 3 KW*	—
11	О3Х16Н15М3Б	—	X2CrИiMo 18 14 3 KW*	—
12	О8Х16Н13М2Б	—	X6CrИiMoИb 17 12 2 S	
13	О9Х16Н15М3Б	—	—	—
14	О3Х17Н14М2	316 L	X2CrИiMo 18 14 3 KW	OOOChl7И14M2
15	О8Х17Т	—	—	Chl7T
16	О8Х17Н13М2Т	316 Ti	X6CrИiMoTi 17 12 2 S	OChl7И13M2T
17	О8Х17Н15М3Т	317*	—	OChl7И15M3T
18	1ОХ17Н13М2Т	316 Ti*	X6CrИiMoTi 17 12 2 KKW*	OChl7И13M2T*
19	1ОХ17Н13М3Т	316 Ti*	X6CrИiMoTi 17 12 2 KKW*	OChl7И13M2T*
2О	12Х17Г9АН4	—	—	Chl7G9AИ4
21	12Х17	43О	—	Chl7
22	14Х17Н2	—	—	lChl7И2
23	15Х17АГ14	—	—	—
24	2ОХ17Н2	431	—	—
25	О9Х17Н7Ю1	—	—	—
26	О3Х18Н11	3О4 L	X2CrИi 19 11 S	OOOChl8Иl1
27	О3Х18Н12	—	X2CrИi 19 11 S*	OOOChl8Иl1*
28	О3Х18Н16М3	—	X2CrИiMo 18 16 4 KW	—
29	О4Х18Н1О	3О4 L*	X2CrИi 19 11 S*	OOOChl8Иl1*
3О	О6Х18Н11	—	X5CrИi 18 12 KKW	—
31	О8Х18Н1О	3О4	X5CrИi 18 1O S	OChl8И1O
32	О8Х18Н1ОТ	321	X6CrИiTi 18 1O S	OChl8И1OT
33	О8Х18Н12Б	—	X6CrИiИb 18 1O S	OChl8И12B
34	О8Х18Н12Т	321*	X6CrИiTi 18 1O S*	—

Продолжение таблл. 2.19

№ п/п	Россия, ГОСТ 5632	Австралия, AS 1449	Австрия, ÖИORM	Болгария, BDS
35	12Х18Н9	3О2	Х5CrИi 18 1О KKW*	Chl8И9
36	12Х18Н9Т	—	—	Chl8И9Т
37	12Х18Н1ОЕ	—	—	—
38	12Х18Н1ОТ	—	—	—
39	12Х18Н12Т	—	—	Chl8И12Т
4О	17Х18Н9	—	—	—
41	95Х18	44О С	—	9Chl8
42	О2Х21Н25М5ДБ	—	—	—
43	О8Х21Н6М2Т	—	—	—
44	12Х21Н5Т	—	—	Ch21И5TL
45	О8Х22Н6Т	—	—	Ch21И5M2L*
46	О3Х22Н6М2	—	—	—
47	О3Х24Н6АМ3	—	—	—
48	О2Х25Н22АМ2	—	—	—
49	15Х25Т	—	—	Ch25T
№ п/п	Бразилия (торговые марки)	Великобритания, BS 1449	Венгрия, MSZ	Германия, DIИ
1	—	—	—	Х2ИiCrSi 25 9
2	—	4О3 S 17	КО 1	Х6Cr13
3	Е-41О, VC-14О	41О S 21, 41О С 21	КО 2	Х1ОCr13
4	Е-42ОМР	42О S 37	КО 11	Х2ОCr13
5	VC-15О	42О S 45	КО 12	Х3ОCr13
6	—	—	КО 13	Х38Cr13
7	—	—	—	—
8	V-631*, Е-4568*	17—7 PH*/**	—	1.4568
9	V-63О*, Е4548*	17—4 PH*/**	—	Х5CrИiCuИb 17 4*
1О	Е316L*	316 S 62*	КО 38 LC*	Х2CrИiMoИ 17 13 3*
11	Е316L*	316 S 37*	КО 38 LC*	Х2CrИiMo 18 14 3*
12	—	—	—	ХlОCrИiMoИb 18 12*
13	—	318 S 17		Х6CrИiMoИb 17 12 2
14	EF138, V-316 L	316 S 11, 316 S 12	КО 38 LC	Х2CrИiMo 18 14 3
15	—	—	КО 4Ti	Х6CrTil7
16	—	32О S 31	КО 35 Ti	Х6CrИiMoTi 17 12 2
17	—	317 S 16*	—	Х5CrИiMo 17 13*
18	—	32О S 31*	КО 35 Ti*	ХlОCrИiMoTi 18 12
19	—	32О S 31*	КО 35 Ti*	ХlОCrИiMoTi 18 12*

Продолжение таблицы 2.19

№ п/п	Бразилия (торговые марки)	Великобритания, BS 1449	Венгрия, MSZ	Германия, DIИ
20	—	349 S 52		1.4371
21	—	430 S 15	KO 3, H 16	X6Crl7
22	—	—	KO 16	—
23	—	—	—	—
24	—	431 S 29	—	X20CrИi 17 2
25	E4568, V-631	301 S 81	—	X7CrИiAl 17 7
26	E304L*, V-304L*	304 S 62*	KO 41 LC	X2CrИi 19 11
27	—	304 S 14	KO 41 LC*	X2CrИi 19 11*
28	—	317 S 12	—	X2CrИiMo 18 16 4
29	E304L*, V-304L*	304 S 12	KO 41 LC*	X2CrИi 19 11*
30	—	304 S 65*	KO 33*	X5CrИi 18 12
31	E304, V-304	304 S 31	KO 33	X5CrИi 18 10
32	E321	321 S 31	KO 37 Ti	X6CrИiTi 18 10
33	—	347 S 17*	KO 34	X6CrИiИb 18 10*
34	—	321 S 12*	KO 37 Ti*	X6CrИiTi 18 10*
35	V-304*	304 S 31*	KO 32	X10CrИi 18 8
36	—	325 S 31	KO 36 Ti*	X10CrИiTi 18 9
37	—	303 S 42	—	—
38	—	321 S 20	KO 36Ti	X12CrИiTi 18 9
39	—	321 S 59*	—	—
40	—	—	—	—
41	E440C	—	KO 14	X105CrMo 17*
42	—	904 L	KO 44 ELC	XIИiCrMoCuИ 25 20 5
43	—	—	—	—
44	—	—	—	—
45	—	—	—	—
46	—	—	—	X2CrИiMoИ 25 5 3
47	—	—	—	X2CrИiMoИ 22 5 3*
48	—	—	—	XlCrИiMoИ 25 25 2
49	—	—	KO 5	X20Cr 25

№ п/п	Испания, UИE 36-016	Италия, UИI 6900	Норвегия, ИS 14001	Польша, PИ	Румыния, STAS
1	—	—	—	—	—
2	F. 3110	X6Cr13	—	OH13	7C120
3	F. 3401	X12Cr13	—	1H13	12C130
4	F. 3402	X20Cr13	14210	2H13, 2H14	20C130
5	F. 3403	X30Cr13	—	3H13	30C130

Продолжение таблл. 2.19

№ п/п	Испания, UIE 36-O16	Италия, UII 69OO	Норвегия, IS 14OO1	Польша, PI	Румыния, STAS
6	F. 34O4	X4OCr 14	—	4H13	4OC13O
7	—	—	—	H13И4G9	22МИС13О
8	—	—	1424O	—	—
9	—	V174**	—	—	—
1O	—	X2CrИiMoИ 17 13*	1446O*	—	—
11	—	X2CrИiMo 17 13*	1446O*	—	—
12	—	X6CrИiMoИb 17 13*	—	—	—
13	—	X6CrИiMoИb 17 13	—	—	—
14	F. 3533*	X2CrИiMo 17 13	14455	OOH17И14M2	—
15	F.3114	X6CrTi 17	—	OH17T	7TC17O
16	F. 3535	X6CrИiMoTi 17 13	—	H17И13M2T	8TiMoИiCr175*
17	—	X5CrИiMo 18 15*	—	OH17И16M3T	—
18	F. 3535*	X6CrИiMoTi 17 13*	—	H17И13M2T*	8TiMoИiCr175*
19	F. 3535*	X6CrИiMoTi 17 13*	—	H17И13M2T*	8TiMoИiCr175*
2O	—	—	—	OH17И4G8*	1OAzМИС17О
21	F. 3113	X8Cr 17	—	H17	1OC17O
22	F. 3427	X14CrИi 19	—	H17И2	14ИС17О
23	—	—	—	—	—
24	F. 3427	X16CrИi 16	1423O	2H17И2	—
25	—	—	—	—	—
26	F. 35O3	X2CrИi 18 11	1436O	OOH18И1O	—
27	—	X2CrИiИ 18 11*	—	OOH18И1O*	—
28	—	X2CrИiMo 18 16	—	—	—
29	F. 35O3*	X2CrИi 18 11*	1436O*	OOH18И1O*	—
3O	F. 3541*	X8CrИi 19 1O*	1435O*	OH18И9*	7ИС18О*
31	F. 35O4	X5CrИi 18 1O	1435O	OH18И9	7ИС18О
32	F. 3523	X6CrИiTi 18 11	14355	OH18И1OT	7ТИС18О
33	F. 3524*	X6CrИiИb 18 11*	—	OH18И12Иb	7ИьИС18О
34	F. 3523*	X6CrИiTi 18 11*	14355*	—	–
35	F. 35O7	XlOCrИi 18 O9	1433O	1H18И9	1OИС18О
36	—	—	—	1H18И9T	1OТИС18О
37	—	—	—	—	—
38	F. 3553*	—	—	lH18И9Tselect	12TiИiCr18O
39	—	X8CrИiTi 18 11*	—	1H18И12T	—
4O	—	—	—	2H18И9	—
41	F. 31O. F*	CMXC***	—	H18	9OC18O

Продолжение таблл. 2.19

№ п/п	Испания, UIE 36-O16	Италия, UII 69OO	Норвегия, IS 14OO1	Польша, PI	Румыния, STAS
42	—	—	—	—	—
43	—	—	—	LH21И5M*	—
44	—	—	—	LH21И5T	—
45	—	—	—	—	—
46	—	—	14325	—	—
47	—	V225MИ*/**	14325*	—	—
48	—	X2CrИiMo25-22-2	—	—	—
49	—	X16Cr26*	—	H25T	12TC25O

№ п/п	США, AISI	Финляндия, SFS 7OO	Франция, AFIOR IF	Чехия, ČSI	Швеция, SS 14	Япония, JIS G43O4
1	—	—	—	—	—	—
2	4O5	—	Z6C13	17O2O	23O1	SUS 41OS
3	4O3	—	Z12C13	17921	23O2	SUS 4O3
4	42O	—	Z2OC13	17O22	23O3	SUS 42OJ1
5	—	—	Z3OC13	17O23	23O4	SUS 42OJ2
6	—	—	Z4OC14	17O24	—	SUS 42OJ2
7	—	—	—	—	—	—
8	17—7 PH*/**	—	Z8CИA 17.O7*	—	2387	SUS 631*
9	17—4 PH*/**	—	Z6CИU 15.O5*	—	—	SUS 63O*
1O	317 LM	773	Z2CИD 17.13 Az*	1735O*	2342*	SUS 316 LИ*
11	316L*	752*	Z2CИD 17.13*	1735O*	2353*	SUS 316 L*
12	318*	—	—	—	—	—
13	318*	—	Z6CИDИb 17.12	—	—	—
14	316 L	77O	Z2CИD 17.13	1735O	2353	316 L
15	43OTI	—	Z8CT17	17O4O	—	SUS 43O LX
16	316 Ti	—	Z6CИDT 17.12*	17348	235O	—
17	317*	—	—	17356	—	SUS 317*
18	316 Ti*	—	Z8CИDT 17.12	17353	235O*	—
19	316 Ti*	—	Z8CИDT 17.12*	17353*	235O*	—
2O	2O2	—	Z1OCMИ 18.O7*	1746O	—	SUS 2O2
21	43O	—	Z8C17	17O41	232O	SUS 43O
22	—	—	—	—	—	—
23	2O5*	—	—	17471*	—	—
24	431	—	Z15CИ 16.O2	—	2321	SUS 431
25	322	—	—	17351*	2388	SUS 631
26	3O4 LИ	72O	Z2CИ 18.1O Az*	17249	2352*	SUS 3O4 LИ
27	—	721*	—	17249*	—	—

Продолжение табл. 2.19

№ п/п	США, AISI	Финляндия, SFS 7OO	Франция, AFIOR ИF	Чехия, ČSИ	Швеция, SS 14	Япония, JIS G43O4
28	317 LИ	773	Z2CИD 19.15*	—	2367	SUS 317 L*
29	3O4 L*	725	Z2CИ 18.1O*	17249*	2352*	SUS 3O4 L*
3O	3O5 L*	725*	Z4CИ 18.12	1724O*	2333*	SUS 3O4 И1
31	3O4	725	Z6CИ 18.O9	1724O	2332	SUS 3O4
32	321	—	Z6CИT 18.1O	17248*	2337	SUS 3O4
33	347*	—	Z6CИИb 18.1O*	—	2338*	SUS 321
34	321*	—	Z6CИT 18.1O*	17247*	2334	SUS 347*
35	3O2	—	Z1OCИ 18.O9	17241	2331	SUS 321*
36	—	—	—	17246*	—	SUS 3O
37	3O3 Sc	—	—	—	2346	—
38	321*	—	Z1OCИT 18.11	17246	—	SUS 3O3 Se*
39	347*	—	Z1OCИT 18.11*	—	—	—
4O	—	—	Z2OCИ 18.O8	17242	233O	SUS 347*
41	44O C	—	Z1OOCD 17	17O42	—	—
42	9O4 L	774	Z1ИCDU 25.2O.O4	—	2562	SUS 44O C
43	—	—	—	—	—	—
44	—	—	—	17254	—	—
45	326*	—	—	—	—	—
46	—	—	Z2CИD 25.5 Az	—	2371	—
47	329 LИ	—	Z2CИD 22.O5.O3 Az	—	2377*	—
48	—	—	Z1CИD25.22 Az	—	2RE69**	SUS 329 LJ2
49	446*	—	Z1OC 24	17O61	2322*	SUH 446

* Сталь, близкая по составу и свойствам.
** Торговая марка.

Таблица 2.20

Сталь углеродистая качественная конструкционная литейная

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югославия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Aö 4OO	15Л	42 263O	ČL.O3OO	L4OO	1.O42O GS – 38	OT 4OO – 1	15Л
2	Aö 45O	25Л	42 264O	ČL.O4OO	L45O	1.O446 GS – 45	OT 45O – 1	25Л
3	Aö 5OO	35Л	42 265O	ČL.O5OO	L5OO	1.O551 GS – 52	OT 5OO – 1	35Л
4		4OЛ					OT 55O – 1	4OЛ
5	Aö 55O	45Л	42 266O		L6OO		OT 6OO – 1	45Л
6	Aö 6OO		42 267O	ČL.O6OO	L65O	1.O558 GS – 6O	OT 7OO – 1	55Л
7				ČL.O6O2		1.O555 GS – 62		
8				ČL.O7OO		1.O554 GS – 7O		

Таблица 2.21

Сталь низколегированная литейная

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югосла-вия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Aö 55 C	55СЛ	42 2719					
2		15ГЛ						
3	Aö 2O МИ 6	2OЛ	42 2714		L2OG	1.112O GS–2O МИ 5	T 2O МИ 14	2OГЛ
4		2OГФЛ	42 2723					2OФЛ
5		3OГЛ				1.1165 GS–3O МИ 5		
6	Aö 35 МИ 6	35ГЛ	42 2715	ČL.3131	L335G	1.1167 GS–36 МИ 5	T 35 МИ 14	35ГЛ
7		35ГФЛ	42 2724					
8		4OГФЛ					T 4O VМИ 17	
9		45ГЛ				1.1159 GS–46 МИ 4		
1O	Aö 3O МИSi 5	3OГСЛ		CL.313O			T 3O SiМИ 12	3OГСЛ
11		25ХГЛ						
12	Aö 35 МИCrSi 5	35ХГСЛ	42 2726		L35HGS		T 35 SiCrМИ 11	35ХГСЛ
13		15ХЛ						
14		3OХЛ		CL.41OO	L3OH			32ХO6Л
15	Aö 4O Cr 4	4OХЛ			L4OH			4OХЛ
16		5OХЛ	42 2739					
17		6OХГЛ	42 2735					
18		7OХ2ГЛ	42 2736					
19		25ХМЛ			L25HM	1.7218 GS–25 CrMo 4		
2O		3OХМЛ						
21				ČL.4731	L35HM	1.722O GS–34 CrMo 4	T 34 MoCr O9	35ХМЛ
22		4OХМЛ		ČL.4732		1.7225 GS–42 CrMo 4		
23	Aö 3O CrИiMo 6 6	3OХНМЛ					T 3O MoCrИi 14	3OХНМЛ
24				ČL.543O		1.6582 GS–34 CrИi-Mo 6		
25		4OХН2Л	42 275O					
26	Aö 4O CrV 5	4OХФЛ			L4OHF			
27		75ХНМФЛ	42 2753					
28		12ДХНМФЛ					T 14 VMoCuCr Иi 16	12ДХН1МФЛ
29		12ДН2ФЛ						12ДН2ФЛ
3O		13ХНДФТЛ						13ХНДФТЛ

Таблица 2.22

Сталь коррозионно-стойкая литейная

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югославия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	AöX 12 Cr 13	1X13Л	42 29O5				T 15 Cr 13O	15X13Л
2		1X13НЛ	42 29O4	ČL.4575	LH14И	1.4OO8 G–X 8 CrИi 13		
3	AöX 2O CrИi 14	2X13Л	42 29O6		LH14	1.4O27 G–X 2O Cr 14	T 2O Cr 13O	2OX13Л
4	AöX 2O CrИi 17 2			ČL.457O		1.4O59 G–X 22 CrИi 17		
5		OX12H4МЛ		ČL.4579		1.4313 G–X 5CrИi 13 4	T 8 MoИiCr 125	
6		X21H5Л	42 2953		LH21И5		T 12 ИiCr 21O	
7		X21H5ТЛ	42 2938				T 12 TiИiCr 21O	
8		X21H5АЛ					T 12 ИИiCr 21O	
9		X21H5M2Л	42 2943					
1O		X19H7АЛ					T 12 ИИiCr 19O	
11	AöX 7 CrИi 18 9	OX18H1OСЛ			LH18И9M	1.43O8 G–X 6 CrИi 18 9	T 7 ИiCr 18O	O7X18H9Л
12	AöX 12 CrИi 18 9	X18H1OСЛ	42 2931	ČL.4571	LH18И9	1.4312 G–X 1O CrИi 18 8	T 15 ИiCr 18O	1OX18H9Л
13	AöX CrИiTi 18 9	X18H1OTСЛ	42 2933		LH18И9T		T 15 TiИiCr 18O	12X18H9TЛ
14				ČL.4572		1.4552 G–X 5 CrИiИb 18 9		1OX18H11БЛ
15	AöX 7 CrИiMo 18 1O	OX18H1OM2СЛ			LOH18И1OM2	1.44O8 G–X 6 CrИiMo 18 1O	T 7 MoИiCr 18O	
16		X18H1OM2СЛ	42 2942	ČL.4573	LH18И1OM2	1.441O G–X 1O CrИiMo 18 9	T 15 MoИiCr 18O	
17	AöX 12 CrИiMoTi 18 1O	X18H1OM2T1-СЛ	42 2941		LH18И1OM2T		T 15 TiMoИiCr 18O	
18	AöX 1O CrИiMoTi 18 12						T 12 TiMoИiCr 175	12X18H12M3TЛ
19				ČL.4574		1.4581 G–X 5 CrИiMoИb 18 1O	T 1O MoИiCr 18O	
2O						1.4O85 G–X 7O Cr 29	T 75 Cr 28O	
21						1.4136 G–X 7O CrMo 29 2	T 7O MoCr 28O	
22	AöX 12O CrMo 29 2					1.4138 G–X 12O CrMo 29 2		

Таблица 2.23

Сталь для сварочной проволоки

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югосла-вия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	F1	3в–О8А	S 1	Ž 1	SpG1	1.О323 USD 7	S 1О	Св–О8А
2		3в–О8АА				1.1116 USD 6		Св–О8АА
3	F2	3в–О8ГА			SpG2			Св–О8ГА
4		3в–1О	G 42			1.О324 RSD 7		
5				Ž 1 Si		1.О339 RSD 1О Si		
6	F2 Si			Ž 2 Si		1.О492 11 МИ 4 Si		
7		3в–1ОСА						
8		3в–1ОГ				1.1117 8 МИ 4		
9		3в–1ОГА						Св–1ОГА
1О	F3	3в–1ОГ1	S 2					
11		3в–1ОГ1А		Ž 3		1.О496 12 МИ 6		
12		3в–1ОГ2			SpG4			Св–1ОГ2
13		3в–1ОГ2А		Ž 4		1.5О86 12 МИ 8	S 12МИ 2	
14	VH 3					1.513О LSd–1О МИSi 7		
15				Ž 6		1.5О89 13 МИ 12		
16		3в–12ГСА						Св–12ГС
17	VH 2	3в–О8Г1С			SpG3S1	1.5125 11 МИSi 6		Св–О8ГС
18		3в–О8Г2С			SpG4S1		S 11 МИ 2 Si	Св–О8Г2С
19		3в–О6ГСНД						
2О		3в–О6ГНД						
21						1.6215 9 МИИi 4		
22		3в–1ОГН		Ž 2 Иi			S 1О МИ 1 Иi 1	Св–1ОГН
23						1.6216 17 МИИi 4		
24		3в–1ОН1ГА				1.6225 11 ИiМИ 5 4		

Продолжение табл. 2.23

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югосла-вия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
25		3в–1ОН2ГА				1.6227 11 ИіМИ 9 4		
26		3в–1ОГМА		Ž 2 Mo		1.5425 11 МИМо 4 5	S 1O МИ 1 Mo	
27		3в–1ОГ1МА		Ž 3 Mo		1.5426 13 МИМо 6 5		
28		3в–1ОГ2МА		Ž 4 Mo		1.5427 13 МИМо 8 5		
29		3в–1ОГСМ				1.5424 1O МИМо 4 5		
3O		3в–О8ГСМТ			SpG2ST			
31		3в–1ОГ1НМ			SpG3И1М			
32		3в–1ОХГМА						
33		3в–О8ХГСМА				1.7339 11 CrMo 5 5	S 1O МИ 1 SiMoCr 1	Св–О8ХГСМА
34		3в–15ГСТЮЦА						Св–15ГСТЮЦА
35		3в–2ОГСТЮА						Св–2ОГСТЮА
36		3в–18ХГС						Св–18ХГС
37		3в–О8МХ						Св–О8МХ
38		3в–О8ХМ			SpG1H1M			Св–О8ХМ
39			S МИ1CrMo–25			1.7346 11 CrMo 4 5		
4O			S Cr2Mo1–36			1.73O5 12 CrMo 11 1O		
41		3в–18ХМА					S 22 MoCr	Св–18ХМА
42					SpG4OG2S1H1		S 4O CrМИ 1 Si 1	
43						1.8425 Sd–11O МИCrTi 8		
44		3в–О8ХНМ						Св–О8ХНМ
45		3в–О8ХМФА			SpG1H1MF			Св–О8ХМФА
46		3в–1ОХ1МФТ						Св–1ОХМФТ
47		3в–О8ХГ2С						Св–О8ХГ2С
48		3в–1ОХГ2СМА						Св–1ОХГ2СМА
49		3в–О8ХГСМФА						Св–О8ХГСМФА
5O		3в–О4Х2МА						Св–О4Х2МА
51					SpG1H2M	1.7385 6 CrMo 9 1O		

Продолжение табл. 2.23

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югосла-вия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
52		Зв–13Х2МФТ						Св–13Х2МФТ
53		Зв–О8Х3Г2СМ						Св–О8Х3Г2СМ
54		Зв–О8ХМНФБА						Св–О8ХМНФБА
55		Зв–О8ХН2М						Св–О8ХН2М
56		Зв–О8ХН2ГМТА						Св–О8ХН2ГМТА
57		Зв–О8ХН2ГМЮ						Св–О8ХН2ГМЮ
58		Зв–О6Н3						Св–О6Н3
59		Зв–1ОХ5Н			SpG1H5M			Св–1ОХ5М
6О		Зв–12Х11НМФ						Св–12Х11НМФ
61		Зв–1ОХ11НВМФ						Св–1ОХ11НВМФ
62		Зв–12Х13						Св–12Х13
63		Зв–2ОХ13			Sp24H14			Св–2ОХ13
64		Зв–О6Х14			SpO8H14	1.4ОО9 X 8 Cr 14		Св–О6Х14
65		Зв–О8Х14ГНТ						Св–О8Х14ГНТ
66		Зв–1ОХ17Т				1.45О2 X 8 CrTi 18		Св–1ОХ17Т
67		Зв–13Х25Т			Sp15H25T			Св–13Х25Т
68		Зв–О8Х3О				1.4773 X 8 Cr 3O		
69		Зв–О1Х19Н9			SpO4H19И9			Св–О1Х19Н9
7О						1.4316 X 2 CrИi 19 9		
71		Зв–О4Х19Н9			SpO6H19И9	1.43О2 X 5 CrИi 19 9		Св–О4Х19Н9
72		Зв–О8Х16Н8М2						Св–О8Х16Н8М2
73		Зв–О8Х18Н8Г2Б						Св–О8Х18Н8Г2Б
74		Зв–О7Х18Н9ТЮ						Св–О7Х18Н9ТЮ
75						1.4551 X 5 CrИiИb 19 9		
76		Зв–О6Х19Н9Т						Св–О6Х19Н9Т
77		Зв–О4Х19Н9С2						Св–О4Х19Н9С2
78		Зв–О8Х19Н9Ф2С2						Св–О8Х19Н9Ф2С2
79		Зв–О5Х19Н9Ф3С2						Св–О5Х19Н9Ф3С2
8О		Зв–О7Х19Н1ОБ	S O7 Cr 2O Иi 1O Иb 1		Sp1OH2OИ1OИb	1.455О X 6 CrИiИb 18 1O		Св–О7Х19Н1ОБ
81		Зв–О8Х19Н1ОГ2Б						Св–О8Х19Н1ОГ2Б

Продолжение табл. 2.23

№ п/п	Сводный перечень							
	Венгрия	Болгария	Чехия, Словакия	Югосла-вия	Польша	Германия	Румыния	Россия
	1	2	3	4	5	6	7	8
82		Зв–О6Х19Н1ОМ3Т						Св–О6Х19Н1ОМ3Т
83		Зв–О8Х19Н1ОМ3Б			SpO8H19И1OM2Иb	1.4576 X 5 CrИiMoИb 19 12		Св–О8Х19Н1ОМ3Б
84						1.443O X 2 CrИiMo 19 12		
85		Зв–О4Х19Н11М3	S O6 Cr 19 Ии 11 Mo 3		SpO6H19И11M2	1.44O3 X 5 CrИiMo 19 11		Св–О4Х19Н11М3
86		Зв–О5Х2ОН9ФБС						Св–О5Х2ОН9ФБС
87		Зв–О6Х2ОН11М3ТБ						Св–О6Х2ОН11М3ТБ
88		Зв–1ОХ2ОН15						Св–1ОХ2ОН15
89						1.4829 X 12 CrИi 22 12		
9О		Зв–О7Х25Н12Г2Т						Св–О7Х25Н12Г2Т
91		Зв–О6Х25Н12ТЮ						Св–О6Х25Н12ТЮ
92		Зв–О7Х25Н13						Св–О7Х25Н13
93		Зв–О8Х25Н13БТЮ						Св–О8Х25Н13БТЮ
94		Зв–13Х25Н 18					S 12 Cr 26 Ии 2О	Св–13Х25Н18
95						1.4842 X 12 CrИi 25 2O	SCr 25 Ии 2О	
96		Зв–О8Х29Н9				1.4337 X 1O CrИi 3O 9		
97					Sp16H19И9G7	1.437O X 15 CrИiMИ 18 8		
98		Зв–О8Х2ОН9Г7Т			Sp1OH2OИ9G7T			Св–О8Х2ОН9Г7Т
99		Зв–О8Х21Н1ОГ6						Св–О8Х21Н1ОГ6
1ОО		Зв–3ОХ25Н16Г7						Св–3ОХ25Н16Г7
1О1		Зв–1ОХ16Н25АМ6						Св–1ОХ16Н25АМ6
1О2		Зв–О9Х16Н25М6АФ						Св–О9Х16Н25М6АФ
1О3		Зв–О1Х23Н28М3Д3Т						Св–О1Х23Н28М3Д3Т
1О4		Зв–3ОХ15Н35В3Б3Т						Св–3ОХ15Н35В3Б3Т
1О5		Зв–О8Н5О						Св–О8Н5О
1О6		Зв–О6Х15Н6ОМ15						Св–О6Х15Н6ОМ15

В табл. 2.24 приведен перечень марок сталей и сплавов для изготовления горячетканной, кованой, калиброванной металлопродукции и металлопродукции со специальной отделкой поверхности. В табл. 2.25 приведены значения пределов ползучести и длительной прочности корозионно-стойких сталей при повышенных температурах. В табл. 2.26 приведено подразделение сталей и сплавов на классы.

Таблица 2.24

Перечень марок стали и сплавов для изготовления горячекатаной, кованой, калиброванной металлопродукции и металлопродукции со специальной отделкой поверхности

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали или сплава		Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали или сплава	
	Обозначение	Условное обозначение		Обозначение	Условное обозначение
1. Стали мартенситного класса			4–8	2ОХ13Н4Г9	ЭИ1ОО
1–2	О7Х16Н4Б	–	5. Стали аустенито–ферритного класса		
1–3	О9Х16Н4Б	ЭП56	5–5	О8Х2ОН14С2	ЭИ732
1–4	11Х11Н2В2МФ	ЭИ962	5–6	О8Х21Н6М2Т	ЭП54
1–5	13Х11Н2В2МФ	ЭИ961	5–7	О8Х22Н6Т	ЭП53
1–6	13Х14Н3В2ФР	ЭИ736	5–8	12Х21Н5Т	ЭИ811
1–7	15Х11МФ	–	5–9	15Х18Н12С4ТЮ	ЭИ654
1–8	16Х11Н2В2МФ	ЭИ962А	5–1О	2ОХ2ОН14С2	ЭИ211
1–9	18Х11МНФБ	ЭП291	5–11	2ОХ23Н13	ЭИ319
1–1О	2ОХ12ВНМФ	ЭП428	6. Стали аустенитного класса		
1–11	2ОХ13	–	6–4	О3Х17Н14М3	–
1–12	2ОХ17Н2	–	6–6	О3Х18Н11	–
1–14	3ОХ13	–	6–11	О4Х18Н1О	ЭИ842, ЭП55О
1–15	3ОХ13Н7С2	ЭИ72	6–15	О7Х21Г7АН5	ЭП222
1–16	4ОХ9С2	–	6–17	О8Х15Н24В4ТР	ЭП164
1–17	4ОХ1ОС2М	ЭИ1О7	6–19	О8Х16Н13М2Б	ЭИ68О
1–18	4ОХ13	–	6–2О	О8Х17Н13М2Т	–
1–2О	95Х18	ЭИ229	6–21	О8Х17Н15М3Т	ЭИ58О
2. Стали мартенсито-ферритного класса			6–22	О8Х18Н1О	–
2–3	12Х13	–	6–23	О8Х18Н1ОТ	ЭИ914
2–4	14Х17Н2	ЭИ268	6–25	О8Х18Н12Б	ЭИ4О2
2–5	15Х12ВНМФ	ЭИ8О2	6–26	О9Х14Н19В2БР	ЭИ695Р
2–6	18Х12ВМБФР	ЭИ993	6–27	О9Х14Н19В2БР1	ЭИ726
3. Стали ферритного класса			6–31	1ОХ11Н2ОТ3Р	ЭИ696
3–2	О8Х13	ЭИ496	6–32	1ОХ11Н23Т3МР	ЭП33
3–3	О8Х17Т	ЭИ645	6–33	1ОХ14Г14Н4Т	ЭИ711
3–6	1ОХ13СЮ	ЭИ4О4	6–35	1ОХ17Н13М2Т	ЭИ448
3–7	12Х17	–	6–36	1ОХ17Н13М3Т	ЭИ432
3–8	15Х18СЮ	ЭИ484	6–38	1ОХ23Н18	–
3–9	15Х25Т	ЭИ439	6–39	12Х17Г9АН4	ЭИ878
3–1О	15Х28	ЭИ349	6–4О	12Х18Н9	–
4. Стали аустенито–мартенситного класса			6–41	12Х18Н9Т	–
4–2	О7Х16Н6	ЭП288	6–42	12Х18Н1ОТ	–
4–7	О9Х17Н7Ю1	–	6–44	12Х18Н12Т	–
6–45	12Х25Н16Г7АР	ЭИ835	6–52	4ОХ15Н7Г7Ф2МС	ЭИ388
6–46	17Х18Н9	–	6–53	45Х14Н14В2М	ЭИ69
6–47	2ОХ23Н18	ЭИ417	7. Сплавы на железоникелевой основе		
6–48	2ОХ25Н2ОС2	ЭИ283	7–2	О3ХН28МДТ	ЭП516
6–49	31Х19Н9МВБТ	ЭИ572	7–5	О6ХН28МДТ	ЭИ943
6–5О	36Х18Н25С2	–	–	–	–

Таблица 2.25

Значения пределов ползучести и длительной прочности при повышенных температурах

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали	Рекомендуемые режимы термической обработки				Температура испытания, °С	Предел длительной прочности (неразрушающее напряжение), Н/мм, не менее, за время, ч			Предел ползучести, соответствующий 1% общей деформации, Н/мм, не менее, за время, ч	
		Закалка (нормализация)		Отпуск (старение)							
		Температура нагрева, °С	Охлаждающая среда	Температура нагрева, °С	Охлаждающая среда		100	10000	100000	1000	100000
1–4	11Х11Н2В2МФ (ЭИ962)	1000–1020	Воздух	540–590	Воздух	550	392	–	–	–	–
		1000–1020	Масло								
1–7	15Х11МФ	1050	Воздух	740	Воздух	550	–	196	147–167	–	88
2–5	15Х12ВНМФ (ЭИ802)	1000	Масло	680 (10 ч)	Воздух	550	–	235	196	–	98
						565	–	216	167	–	88
						580	–	157	137	–	69
2–6	18Х12ВМБФР (ЭИ993)	1050	Масло	650–700	Воздух	560	–	–	196	–	137
						590	–	–	147	–	88
6–26	09Х14Н19В2БР (ЭИ695Р)	1090–1130	Вода	–	–	650	–	166	127	137	108
						700	–	123	83	83	64
						750	–	69	54	–	–
6–27	09Х14Н19В2БР1 (ЭИ726)	1130	Воздух	750 (5 ч)	Воздух	600	–	255	226	245	167
						650	–	211	186	196	137
						700	–	167	137	120	83–88
6–42	12Х18Н10Т	1050–1100	Воздух или вода	800 (10 ч)	Воздух	600	–	147	108	–	73,5
						650	–	78–98	–	–	29–39
6–49	31Х19Н9МВБТ (ЭИ572)	1150–1180	Вода	800 (15 ч)	Воздух	600	–	235	216	–	108
						650	–	167	147	–	78
6–53	45Х14Н14В2М (ЭИ69)	1175	Вода	750 (5 ч)	Воздух	600	–	177	147	177	78
						700	–	22	–	36	15

Примечание. Допускается снижение указанных в настоящей таблице значений пределов длительной прочности на 20%.

Таблица 2.26

Подразделение сталей и сплавов

Класс стали и сплава	Марка стали и сплава
Углеродистый	Ст3, Ст4, 10, 20, 15К, 16К, 18К, 20К, 20КА, 20Юч, 20ПВ, 22К
Низколегированный марганцовистый, марганцево-кремнистый	07ГФБ-У, 09Г2, 09Г2С, 09Г2БТ, 09Г2СЮЧ, 09ГСНБЦ, 09ХГН2АБ, 09ХГ2СЮЧ, 09ХГ2НАБЧ, 10Г2, 10Г2БТ, 10Г2ФБ, 10Г2ФБЮ, 10Г2С1, 10Г2С1Д, 10ХСНД, 13Г1С-У, 14Г2, 15ХСНД, 15Г2СФ, 16ГС, 16ГМЮЧ, 17ГС, 17Г1С, Е32, Е36, Е40, В, Д32, Д36, Д40, К52
Хромомолибденовый, хромомолибденованадиевый	12МХ, 12ХМ, 12Х1МФ, 15ХМ, 1Х2М1, 20Х2МА, 15Х2МФА-А, 12Х2МФА, 10Х2М1А-А
Мартенситный	15Х5, 15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8, 12Х8ВФ, 20Х13, 13Х9М, 12Х13, 20Х13
Ферритный	08Х13, 08Х17Т, 15Х25Т
Аустенитный	02Х18Н11, 02Х8Н22С6, 03Х18Н11, 03Х17Н14М3, 03Х19АГ3Н10, 03Х21Н21М4ГБ, 07Х13АГ20, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б, 08Х17Н13М2Т, 08Х17Н15М3Т, 10Х14Г14Н4Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т
Аустенитно-ферритный	08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т, 08Х18Г8Н2Т, 15Х18Н12С4ТЮ
Аустенитно-мартенситный	07Х16Н6
Сплавы на железоникелевой основе	06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ, 05ХН32Т

ГЛАВА 3

ЧУГУНЫ

Чугуны, как материалы, обладающие хорошими литейными свойствами, жаростойкостью, коррозионной стойкостью и антифрикционными качествами, до сих пор находят широкое применение при изготовлении технологических аппаратов, узлов и деталей. Однако данные материалы обладают рядом недостатков: высокая хрупкость, сложность обработки резанием, высокие коэффициенты линейного расширения, сильная зависимость прочностных характеристик от температуры, трудность, а в ряде случаев и невозможность сварки этих материалов.

Правила Ростехнадзора регламентируют использование чугунного литья для работы при следующих параметрах: серый чугун при температуре от –15 до +25О °С и давлении до 1 МПа; щелочестойкий чугун при температуре от –15 до +3ОО °С и давлении до 1 МПа; ферросилид при температуре от О до + 7ОО °С и давлении до 2,5 МПа.

В технологическом машино- и аппаратостроении наибольшее применение получили следующие виды чугунов.

Чугун с пластинатым графитом для отливок (Серый чугун ГОСТ 1412) предусматривает следующие марки: СЧ 1О; СЧ 15; СЧ 2О; СЧ 25; СЧ 3О; СЧ 35. По требованию потребителей допускаются марки СЧ 18; СЧ 21; и СЧ 24.

В табл. 3.1 приведено временное сопротивление при растяжении чугуна в литом состоянии или после термической обработки.

Таблица 3.1

Временное сопротивление при растяжении чугуна в литом состоянии или после термической обработки должно соответствовать указанному в таблице

Марка чугуна	Марка чугуна по СТ СЭВ 456О-84	Временное сопротивление при растяжении , $\sigma_в$, МПа (кгс/мм), не менее
СЧ1О	3111О	1ОО (1О)
СЧ15	31115	15О (15)
СЧ18	–	18О (18)
СЧ2О	3112О	2ОО (2О)
СЧ21	–	21О (21)
СЧ24		24О (24)
СЧ25	31125	25О (25)
СЧ3О	3113О	3ОО (3О)
СЧ35	31135	35О (35)

Приме чание. Допускается превышение минимального значения временного сопротивления при растяжении не более чем на 1ОО МПа, если в нормативно-технической документации на отливки нет других ограничений.

Временное сопротивление при растяжении чугуна марки СЧ1О определяется по требованию потребителя.

В табл. 3.2 приведены ориентировочные данные о временном сопротивлении при растяжении и сжатии в стенках отливок различной толщины.

Пример условного обозначения чугуна:

СЧ 15 ГОСТ 1412.

белочестойкие чугуны СЧ Щ1 и СЧ Щ2 применяются для изготовления корпусов, деталей и узлов машин и аппаратов, работающих в водных растворах щелочей ИаОН и КОН при давлении до 1 МПа и температуре от –15 до + 4ОО °С, регламентируются нормалью

СТ 43-1О8

Ферросилиды (ГОСТ 1415) С15, С 17 (ГОСТ 2233) и *антихлор* МФ 15 применяются для изготовления корпусов, деталей и узлов простой конфигурации для работы с сильноагрессивными средами (растворы солей, азотная и серная кислоты), при давлении до О,25 МПа и температуре от О до +7ОО °С. При разработке конструкции следует учитывать, что кремнистые чугуны очень хрупки, чувствительны к колебаниям температуры и трудно обрабатываются резанием. Поэтому изделия из них изготавливают отливкой, предусматривая плавные переходы. Ферросилиды широко применяют при изготовлении арматуры. В табл. 3.3 приведен химический состав ферросплавов.

Таблица 3.2

Ориентировочные данные о временном сопротивлении при растяжении и твердости в стенках отливки различного сечения

Марка чугуна	Толщина стенки отливки, мм						
	4	8	15	30	50	80	150
Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа, не менее							
СЧ10	140	120	100	80	75	70	65
СЧ15	220	180	150	110	105	90	80
СЧ20	270	220	200	160	140	130	120
СЧ25	310	270	250	210	180	165	150
СЧ30	–	330	300	260	220	195	180
СЧ35	–	380	350	310	260	225	205
Твердость НВ, не более							
СЧ10	205	200	190	185	156	149	120
СЧ15	241	224	210	201	163	156	130
СЧ20	255	240	230	216	170	163	143
СЧ25	260	255	245	238	187	170	156
СЧ30	–	270	260	250	197	187	163
СЧ35	–	290	275	270	229	201	179

Приме чания.

1. Значения временного сопротивления при растяжении и твердости в реальных отливках могут отличаться от приведенных в таблице.
2. Значения временного сопротивления при растяжении и твердости в стенке отливки толщиной 15 мм приближенно соответствуют аналогичным значениям в стандартной заготовке диаметром 30 мм.

Таблица 3.3

Химический состав выпускаемых ферросплавов

Марка	Массовая доля, %						
	кремния	углерода	серы	фосфора	алюминия	марганца	хрома
		не более					
ФС90	Св. 87 до 95 включ.	0,1	0,02	0,03	3,5	0,3	0,2
ФС75	» 74 » 80 »	0,1	0,02	0,04	3,0	0,4	0,3
ФС70	» 68 » 74 »	0,1	0,02	0,04	2,0	0,4	0,4
ФС70А11	» 68 » 74 »	0,1	0,02	0,04	1,0	0,3	0,3
ФС65	» 63 » 68 »	0,1	0,02	0,05	2,5	0,4	0,4
ФС50	» 47 » 52 »	0,1	0,02	0,05	1,8	0,6	0,5
ФС45	» 41 » 47 »	0,2	0,02	0,05	2,0	1,0	0,5
ФС25	» 23 » 29 »	0,8	0,02	0,06	1,0	1,0	0,8
ФС20	» 19 » 23 »	1,0	0,02	0,10	1,0	1,0	0,8

Остальным ключевым элементом в составе ферросплавов является железо.

Следует иметь в виду, что ферросплавы сильно корродируют под воздействием соляной кислоты, крепких щелочей и фтористых соединений.

Наиболее широко распространенным в промышленности является чугун легированный для отливок со специальными свойствами (ГОСТ 7769). В табл. 3.4. приведены марки и свойства такого чугуна.

Таблица 3.4

Марки и свойства отливок чугуна легированного

Вид чугуна		Марка	Свойство отливок
Хромистые	низколегированные	ЧХ1 ЧХ2	Жаростойкие
		ЧХ3	Жаростойкие, износостойкие
		ЧХ3Т	Износостойкие
	высоколегированные	ЧХ9Н5	Износостойкие
		ЧХ16	Износостойкие, жаростойкие
		ЧХ16М2 ЧХ22	Износостойкие
		ЧХ22С ЧХ28	Коррозионно-стойкие и жаростойкие
		ЧХ28П	Стойкие в цинковом расплаве
		ЧХ28Д2	Износостойкие и коррозионно-стойкие
		ЧХ32	Жаростойкие и износостойкие
Кремнистые	низколегированные	ЧС5 ЧС5Ш	Жаростойкие
	высоколегированные	ЧС13 ЧС15 ЧС17 ЧС15М4 ЧС17М3	Коррозионно-стойкие в жидкой среде
Алюминиевые	низколегированные	ЧЮХШ	Жаростойкие
	высоколегированные	ЧЮ6С5 ЧЮ7Х2	Жаростойкие и износостойкие
		ЧЮ22Ш ЧЮ3О	Жаростойкие и износостойкие при высокой температуре
Марганцевые	высоколегированные	ЧГ6С3Ш ЧГ7Х4	Износостойкие
		ЧГ8Д3	Маломагнитные, износостойкие
Никелевые	низколегированные	ЧНХТ ЧНХМД ЧНМШ	Коррозионно-стойкие в газовых средах двигателей внутреннего сгорания
		ЧНДХМШ	Коррозионно-стойкие в газовых средах двигателей внутреннего сгорания, повышенной прочности
		ЧН2Х ЧН4Х2	Износостойкие
		ЧН3ХМДШ	Износостойкие, повышенной прочности
	высоколегированные	ЧН4Х2	Износостойкие
		ЧН11Г7Ш ЧН15Д3Ш	Жаропрочные и маломагнитные
		ЧН15Д7	Износостойкие в двигателях и маломагнитные
		ЧН19Х3Ш	Жаропрочные и маломагнитные
		ЧН2ОД2Ш	Жаропрочные, хладостойкие, маломагнитные

Примечание. В обозначении марок чугуна буквы означают: Ч – чугун; легирующие элементы: Х – хром, С – кремний, Г – марганец, Н – никель, Д – медь, М – молибден, Т – титан, П – фосфор, Ю – алюминий; буква Ш указывает, что графит в чугуне имеет шаровидную форму.

Цифры, стоящие после буквы, означают примерную массовую долю основных легирующих элементов.

Химический состав легированных чугунов представлен в табл. 3.5, а химический состав высоконикелевого чугуна с пластинчатым и шаровидным графитом представлен в табл. 3.6. Механические свойства чугуна приведены в табл. 3.7, а механические свойства высоконикелевых чугунов с пластинчатым и шаровидным графитом в табл. 3.8.

Основные эксплуатационные свойства и область применения легированных чугунов приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.5

Химический состав чугунов

Марка чугуна	Массовая доля, %											
	углерода	кремния	марганца	фосфора	серы	хрома	никеля	меди	ванадия	молибдена	титана	алюминия
			не более									
ЧХ1	3,0–3,8	1,5–2,5	1,0	0,30	0,12	0,40–1,00	–	–	–	–	–	–
ЧХ2	3,0–3,8	2,0–3,0	1,0	0,30	0,12	1,01–2,00	–	–	–	–	–	–
ЧХ3	3,0–3,8	2,8–3,8	1,0	0,30	0,12	2,01–3,00	–	–	–	–	–	–
ЧХ3Т	2,6–3,6	0,7–1,5	1,0	0,30	0,12	2,01–3,00	–	0,5–0,8	–	–	0,7–1,0	–
ЧХ9Н5	2,8–3,6	1,2–2,0	0,5–1,5	0,06	0,10	8,0–9,50	4,0–6,0	–	–	0,0–0,4	–	–
ЧХ16	1,6–2,4	1,5–2,2	1,0	0,10	0,05	13,0–19,0	–	–	–	–	–	–
ЧХ16М2	2,4–3,6	0,5–1,5	1,5–2,5	0,10	0,05	13,0–19,0	–	1,0–1,5	–	0,5–2,0*	–	–
ЧХ22	2,4–3,6	0,2–1,0	1,5–2,5	0,10	0,08	19,0–25,0	–	–	0,15–0,35	–	0,15–0,35	–
ЧХ22С	0,6–1,0	3,0–4,0	1,0	0,10	0,08	19,0–25,0	–	–	–	–	–	–
ЧХ28	0,5–1,6	0,5–1,5	1,0	0,10	0,08	25,0–30,0	–	–	–	–	–	–
ЧХ28П	1,8–3,0	1,5–2,5	1,0	0,8–1,5	0,08	25,0–30,0	–	–	–	–	–	–
ЧХ28Д2	2,2–3,0	0,5–1,5	1,5–2,5	0,10	0,08	25,0–30,0	0,4–0,8	1,5–2,5	–	–	–	–
ЧХ32	1,6–3,2	1,5–2,5	1,0	0,10	0,08	30,0–34,0	–	–	–	–	0,1–0,3	–
ЧС5	2,5–3,2	4,5–6,0	0,8	0,30	0,12	0,5–1,0	–	–	–	–	–	–
ЧС5Ш	2,7–3,3	4,5–5,5	0,8	0,10	0,03	0,0–0,2	–	–	–	–	–	0,1–0,3
ЧС13	0,6–1,4	12,0–14,0	0,8	0,10	0,07	–	–	–	–	–	–	–
ЧС15	0,3–0,8	14,1–16,0	0,8	0,10	0,07	–	–	–	–	–	–	–
ЧС15М4	0,5–0,9	14,0–16,0	0,8	0,10	0,10	–	–	–	–	3,0–4,0	–	–
ЧС17	0,3–0,5	16,1–18,0	0,8	0,10	0,07	–	–	–	–	–	–	–
ЧС17М3	0,3–0,6	16,0–18,0	1,0	0,30	0,10	–	–	–	–	2,0–3,0	–	–
ЧЮХШ	3,0–3,8	2,0–3,0	0,5	0,10	0,03	0,4–1,0	–	–	–	–	–	0,6–1,5
ЧЮ6С5	1,8–2,4	4,5–6,0	0,8	0,30	0,12	–	–	–	–	–	–	5,5–7,0
ЧЮ7Х2	2,5–3,0	1,5–3,0	1,0	0,30	0,02	1,5–3,0	–	–	–	–	–	5,0–9,0
ЧЮ22Ш	1,6–2,5	1,0–2,0	0,8	0,20	0,03	–	–	–	–	–	–	19,0–25,0
ЧЮ30	1,0–1,2	0,0–0,5	0,7	0,04	0,08	–	–	–	–	–	0,05–0,12	29,0–31,0

Продолжение табл. 3.5.

Марка чугуна	Массовая доля, %											
	углерода	кремния	марганца	фосфора	серы	хрома	никеля	меди	ванадия	молибдена	титана	алюминия
			не более									
ЧГ6С3Ш	2,2–3,0	2,0–3,5	4,0–7,0	0,06	0,03	0,0–0,15	–	–	–	0,5–1,0	–	0,5–1,5
ЧГ7Х4	3,0–3,8	1,4–2,0	6,0–8,0	0,10	0,05	3,0–5,0	–	–	–	–	–	–
ЧГ8Д3	3,0–3,8	2,0–2,5	7,0–9,0	0,30	0,10	–	0,8–1,5	2,5–3,5	–	–	–	0,5–1,0
ЧНХТ	2,7–3,4	1,4–2,0	0,8–1,6	0,3–0,6	0,15	0,2–0,6	0,3–0,7	–	–	–	0,05–0,12	–
ЧНХМД	2,8–3,2	1,6–2,0	0,8–1,2	0,15	0,12	0,2–0,7	0,7–1,6	0,2–0,5	–	0,2–0,7	–	–
ЧНХМДШ	3,0–3,6	2,0–2,8	0,6	0,08	0,03	0,2–0,4	0,6–1,0	0,5–0,8	–	0,2–0,6	–	–
ЧНМШ	2,8–3,8	1,7–3,2	0,8–1,2	0,10	0,03	0,0–0,1	0,8–1,5	–	–	0,3–0,7	–	–
ЧН2Х	3,0–3,6	1,2–2,0	0,6–1,0	0,25	0,12	0,4–0,6	1,5–2,0	–	–	–	–	–
ЧН3ХМДШ	3,0–3,6	2,0–2,8	0,8	0,08	0,03	0,2–0,5	2,5–4,5	0,7–1,5	–	0,4–1,0	–	–
ЧН4Х2	2,8–3,6	0,0–1,0	0,8–1,3	0,30	0,15	0,8–2,5	3,5–5,0	–	–	–	–	–
ЧН11Г7Ш	2,3–3,0	1,8–2,5	5,0–8,0	0,08	0,03	1,5–2,5	10,0–12,0	–	–	–	–	–
ЧН15Д7	2,2–3,0	2,0–2,7	0,5–1,6	0,30	0,10	1,5–3,0	14,0–16,0	5,0–8,0	–	–	–	–
ЧН15Д3Ш	2,5–3,0	1,4–3,0	1,3–1,8	0,08	0,03	0,6–1,0	14,0–16,0	3,0–3,5	–	–	–	–
ЧН19Х3Ш	2,3–3,0	1,8–2,5	1,0–1,6	0,10	0,03	1,5–3,0	18,0–20,0	–	–	–	–	–
ЧН20Д2Ш	1,8–2,5	3,0–3,5	1,5–2,0	0,03	0,01	0,5–1,0	19,0–21,0	1,5–2,0	–	–	–	0,0–0,3

* При массовой доле хрома 13–16% и 16–19% рекомендуемая массовая доля молибдена соответственно 2,0–1,5% и 1,5–0,5%.

Примечание. 1. Низколегированные чугуны всех видов, а также высоколегированные марганцевые и никелевые за исключением марок ЧН2Х, ЧН3Т, ЧГ7Х4, ЧН4Х2 модифицируют 75%-ным ферросилицием или другими графитизирующими присадками.

2. В хромистых чугунах и в чугунах с шаровидным графитом допускается массовая доля никеля до 1,0% или меди до 1,5%, вводимых природнолегированным чугуном, легированным стальным ломом или магнийсодержащей лигатурой.

Таблица 3.6

Химический состав высоконикелевого чугуна с пластинчатым и шаровидным графитом

Обозначение марки	Химический состав, %						
	C, не более	Si	МИ	Ии	Cr	Cu	P
						не более	
L-ИиМИ 13 7	3,0	От 1,5 до 3,0	От 6,0 до 7,0	От 12,0 до 14,0	Не более 0,2	0,5	–
L-ИиCuCr 15 6 2	3,0	» 1,0 » 2,8	» 0,5 » 1,5	» 13,5 » 17,5	От 1,0 до 2,5	От 5,5 до 7,5	–
L-ИиCuCr 15 6 3	3,0	» 1,0 » 2,8	» 0,5 » 1,5	» 13,5 » 17,5	» 2,5 » 3,5	» 5,5 » 7,5	–
L-ИиCr 20 2	3,0	» 1,0 » 2,8	» 0,5 » 1,5	» 18,0 » 22,0	» 1,0 » 2,5	0,5	–
L-ИиCr 20 3	3,0	» 1,0 » 2,8	» 0,5 » 1,5	» 18,0 » 22,0	» 2,5 » 3,5	0,5	–
L-ИиSiCr 20 5 3	2,5	» 4,5 » 5,5	» 0,5 » 1,5	» 18,0 » 22,0	» 1,5 » 4,5	0,5	–
L-ИиSr 30 3	2,5	» 1,0 » 2,0	» 0,5 » 1,5	» 28,0 » 32,0	» 2,5 » 3,5	0,5	–
L-ИиSiCr 30 5 5	2,5	» 5,0 » 6,0	» 0,5 » 1,5	» 29,0 » 32,0	» 4,5 » 5,5	0,5	–
L-Ии 35	2,4	» 1,0 » 2,0	» 0,5 » 1,5	» 34,0 » 36,0	Не более 0,2	0,5	–
S-ИиМИ 13 7	3,0	» 2,0 » 3,0	» 6,0 » 7,0	» 12,0 » 14,0	Не более 0,2	0,5	0,080
S-ИиCr 20 2	3,0	» 1,5 » 3,0	» 0,5 » 1,5	» 18,0 » 22,0	От 1,0 до 2,5	0,5	0,080
S-ИиCr 20 3	3,0	» 1,5 » 3,0	» 0,5 » 1,5	» 18,0 » 22,0	» 2,5 » 3,5	0,5	0,080
S-ИиSiCr 20 5 2	3,0	» 4,5 » 5,5	» 0,5 » 1,5	» 18,0 » 22,0	» 1,0 » 2,5	0,5	0,080
S-Ии 22	3,0	» 1,0 » 3,0	» 1,5 » 2,5	» 21,0 » 24,0	Не более 0,5	0,5	0,080
S-ИиМИ 23 4	2,6	» 1,5 » 2,5	» 4,0 » 4,5	» 22,0 » 24,0	Не более 0,2	0,5	0,080
S-ИиCr 30 1	2,6	» 1,5 » 3,0	» 0,5 » 1,5	» 28,0 » 32,0	От 1,0 до 1,5	0,5	0,080
S-ИиCr 30 3	2,6	» 1,5 » 3,0	» 0,5 » 1,5	» 28,0 » 32,0	» 2,5 » 3,5	0,5	0,080
S-ИиSiCr 30 5 5	2,6	» 5,0 » 6,0	» 0,5 » 1,5	» 28,0 » 32,0	» 4,5 » 5,5	0,5	0,080
S-Ии 35	2,4	» 1,5 » 3,0	» 0,5 » 1,5	» 34,0 » 36,0	Не более 0,2	0,5	0,080
S-ИиCr 35 3	2,4	» 1,5 » 3,0	» 0,5 » 1,5	» 34,0 » 36,0	От 2,0 до 3,0	0,5	0,080

Примечание. В марках S-ИиCr 30 3, S-ИиSiCr 30 5 5, S-Ии 35 допускается 0,8–1,1% Mo для скорости ползучести менее $0{,}5 \cdot 10^{-4}$%/ч при 600 °С и 40 МПа или $1{,}0 \cdot 10^{-4}$%/ч при 700°С и 30 МПа.

Таблица 3.7

Механические свойства чугуна

Марка чугуна	Временное сопротивление, МПа, не менее		Относительное удлинение δ, %	Твердость HB
	растяжению $\sigma_в$	изгибу σ		
ЧХ1	170	350	–	207–286
ЧХ2	150	310	–	207–286
ЧХ3	150	310	–	228–364
ЧХ3Т	200	400	–	440–590
ЧХ9Н5	350	700	–	490–610
ЧХ16	350	700	–	400–450
ЧХ16М2	170	490	–	490–610
ЧХ22	290	540	–	330–610
ЧХ22С	290	540	–	215–340
ЧХ28	370	560	–	215–270
ЧХ28П	200	400	–	245–390
ЧХ28Д2	390	690	–	390–640
ЧХ32	290	490	–	245–340
ЧС5	150	290	–	140–300
ЧС5Ш	290	–	–	228–300
ЧС13	100	210	–	290–390
ЧС15	60	170	–	290–390
ЧС17	40	140	–	390–450
ЧС15М4	60	140	–	390–450
ЧС17М3	60	100	–	390–450
ЧЮХШ	390	590	–	187–364
ЧЮ6С5	120	240	–	235–300

Продолжение табл. 3.7.

Марка чугуна	Временное сопротивление, МПа, не менее		Относительное удлинение δ, %	Твердость НВ
	растяжению $\sigma_в$	изгибу σ		
ЧЮ7Х2	120	170	–	240–286
ЧЮ22Ш	290	390	–	241–364
ЧЮ30	200	350	–	364–550
ЧГ6С3Ш	490	680	–	219–259
ЧГ7Х4	150	330	–	390–450
ЧГ8Д3	150	330	–	176–285
ЧНХТ	280	430	–	201–286
ЧНХМД	290	690	–	201–286
ЧНХМДШ	600	–	–	270–320
ЧНМШ	490	–	2	183–286
ЧН2Х	290	490	–	215–280
ЧН3ХМДШ	550	–	–	350–550
ЧН4Х2	200	400	–	400–650
ЧН11Г7Ш	390	–	4	120–255
ЧН15Д7	150	350	–	120–297
ЧН15Д3Ш	340	–	4	120–255
ЧН19Х3Ш	340	–	4	120–255
ЧН2ОД2Ш	500	–	25	120–220

Примечание. Прочность и твердость высокохромистых, марганцевых и никелевых чугунов после нормализации и низкотемпературного отпуска.

Таблица 3.8

Механические свойства высоконикелевых чугунов с пластинчатым и шаровидным графитом

Марки	Механическое свойство				
	Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Модуль упругости Е, ГПа	Твердость по Бринеллю НВ
L–ИiМИ 13 7	140–220	–	–	70–90	120–150
L–ИiCuCr 15 6 2	170–210	–	2	85–105	140–200
L–ИiCuCr 15 6 3	190–240	–	1–2	98–113	150–250
L–ИiCr 20 2	170–210	–	2–3	85–105	120–215
L–ИiCr 20 3	190–240	–	1–2	98–113	160–250
L–ИiSiCr 20 5 3	190–280	–	2–3	110	140–250
L–ИiCr 30 3	190–240	–	1–3	98–113	120–215
L–ИiSiCr 30 5 5	170–240	–	–	105	150–210
L–Иi 35	120–180	–	1–3	74	120–140
S–ИiМИ 13 7	390–460	210–260	15–25	140–150	130–170
S–ИiCr 20 2	370–470	210–250	7–20	112–130	140–200
S–ИiCr 20 3	390–490	210–260	7–15	112–133	150–225
S–ИiSiCr 20 5 2	370–430	210–260	10–18	112–133	180–230
S–Иi 22	370–440	170–250	20–40	85–112	130–170
S–ИiМИ 23 4	440–470	210–240	25–45	120–140	150–180
S–ИiCr 30 1	370–440	210–270	13–18	112–130	130–190
S–ИiCr 30 3	370–470	210–260	7–18	92–105	140–200
S–ИiSiCr 30 5 5	390–490	240–310	1–4	91	170–250
S–Иi 35	370–410	210–240	20–40	112–140	130–180
S–ИiCr 35 3	370–440	210–290	7–10	112–123	140–190

Виды термической обработки отливок из легированных чугунов приведены в табл. 3.1О.

Показатели прочности при растяжении жаростойких чугунов при повышенных температурах (кратковременные испытания) приведены в табл. 3.11.

Механические свойства (кратковременные испытания и модуль нормальной упругости чугунов с шаровидным графитом при 873 К приведены в табл. 3.12.

Длительная прочность и скорость ползучести чугунов с шаровидным графитом при высокой температуре приведены в табл. 3.13.

Таблица 3.9

Основные 5ксплуатационные свойства и область применениялегированных чугунов

Марка чугуна	Эксплуатационное свойство чугунов	Применение
ЧХ1	Повышенная коррозионная стойкость в газовой, воздушной, щелочной средах в условиях трения и износа. Жаростойкий в воздушной среде до 773 К	Холодильные плиты доменных печей, колосники агломерационных машин, детали коксохимического оборудования, сероуглеродные реторты, детали газотурбинных двигателей и компрессоров, горелки, кокили, стеклоформы, выхлопные коллекторы дизелей
ЧХ2	Повышенная коррозионная стойкость в газовой, воздушной, щелочной средах в условиях трения и износа. Жаростойкий в воздушной среде до 873 К	Колосники и балки горна агломерационных машин, детали контактных аппаратов химического оборудования, решетки трубчатых печей нефтеперерабатывающих заводов, детали турбокомпрессоров, детали стекломашин. Детали термических печей, электролизеров, колосники, детали стекломашин, облицовочные плиты тушильных вагонов
ЧХ3	Повышенная коррозионная стойкость в газовой, воздушной, щелочной средах в условиях трения и износа. Жаростойкий в воздушной среде до 973 К.	
ЧХ3Т	Повышенная стойкость против абразивного износа и истирания в пульпо- и пылепроводах, насосах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающие абразивные смеси, футеровки пылепроводов и др.
ЧХ9Н5	Высокая стойкость против абразивного износа и истирания в мельницах, пескометах и дробеметах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающие абразивные смеси футеровки пылепроводов и др., мелющие детали угле- и рудоразмольных мельниц, ковши пескометов, склизы, течки и т.д.
ЧХ16М2	Наибольшая устойчивость против ударно-абразивного износа и истирания в мельницах, дробеметных и дробеструйных камерах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающие абразивные смеси, футеровки пылепроводов и др., мелющие детали угле- и рудоразмольных мельниц, ковши пескометов, склизы, течки, высокоустойчивые лопатки дробеметных импеллеров
ЧХ16	Жаростойкий в воздушной среде до 1173 К, износостойкий при нормальной и повышенной температурах, устойчивый против воздействия неорганических кислот большой концентрации	Арматура химического машиностроения, печная арматура, детали цементных печей
ЧХ22, ЧХ28Д2	Высокоустойчивый против абразивного износа и истирания в условиях размольного оборудования, грохотов и склизов, агломашин и песко- и дробеструйных камер при повышенных температурах	Износостойкие детали гидромашин, перекачивающих абразивные смеси, футеровки пылепроводов и др., мелющие детали угле- и рудоразмольных мельниц, ковши пескометов, склизы, течки, высокоустойчивые лопатки дробеметных импеллеров, вставки для армирования брусьев вторичной зоны охлаждения установок непрерывной разливки стали, футеровки мельниц и т.д.
ЧХ22С	Повышенная коррозионная стойкость в запыленных газовых средах при температуре до 1273 К, высокая кислотостойкость и сопротивление межкристаллитной коррозии	Детали, не подвергающиеся действию постоянных и переменных нагрузок. Детали аппаратуры для концентрированной азотной и фосфорной кислот, печная арматура и т.д.

Продолжение табл. 3.9

Марка чугуна	Эксплуатационное свойство чугунов	Применение
ЧХ28, ЧХ32	Высокая коррозионная стойкость в растворах кислот (азотной, серной, фосфорной, соляной, уксусной, молочной и т.д.), щелочей и солей (азотнокислом аммонии, сульфате аммония, хлорной извести, хлорном железе, селитре), в газах, содержащих серу или SO_2, H_2O. Жаростойкость до температур 1373–1423 К. Высокое сопротивление абразивному износу	Детали, работающие при небольших механических нагрузках в среде SO_2 и SO_3 в щелочах высокой концентрации, азотной кислоте, растворах и расплавах солей при температуре до 1273 К. Детали центробежных насосов, печная арматура, реторты для цементации, сопла горелок, цилиндры, корпуса золотников, гребки печей обжига колчедана и т.д. Сопла для пескоструйных аппаратов и другие детали, подверженные абразивному истиранию. Детали пищевой аппаратуры, проводковая арматура мелкосортных станов
ЧХ28П	Высокая стойкость после окислительного отжига в цинковых расплавах при температуре до 823 К	Сопряженные детали пар трения, работающие в цинковом расплаве агрегатов горячего непрерывного цинкования
ЧС5	Жаростойкие в топочных газах и воздушной среде до 973 К	Колосники, бронеплиты для печей обжига цементной промышленности, сероуглеродные реторты
ЧС5Ш	Жаростойкие в топочных газах и воздушной среде до 1О73 К	Топочная арматура котлов, дистанционирующие детали пароперегревателей котлов, газовые сопла, подовые плиты термических печей
ЧС13 ЧС15 ЧС17	Высокая коррозионная стойкость при температуре до 473 К, к воздействию концентрированных и разбавленных кислот, растворов щелочей, солей, кроме фтористоводородных и фтористых соединений. Не допускают резко переменных, а также ударных нагрузок и перепада температур	Простые конфигурации, детали центробежных и поршневых насосов, компрессоров и трубопроводной арматуры, трубы и фасонные детали для трубопроводной арматуры, теплообменников и другие детали химической аппаратуры
ЧС15М4 ЧС17М3	Особо высокая коррозионная стойкость в серной, азотной, соляной кислотах разной концентрации и температуры, водных растворах щелочей и солей при местном перепаде температур до 3О К в теле детали при отсутствии динамических, а также переменных и пульсирующих нагрузок	Простые конфигурации, детали центробежных и поршневых насосов, компрессоров и трубопроводной арматуры, трубы и фасонные детали для трубопроводной арматуры, теплообменников и другие детали химической аппаратуры
ЧЮХШ	Жаростойкий в воздушной среде до 923 К, стойкий против истирания	Пресс-формы для стекольных изделий, детали печного оборудования, ролики чистовых клетей листопрокатных станов
ЧЮ7Х2	Жаростойкий в воздушной среде до 1О23 К, стойкий против истирания	Детали печной арматуры
ЧЮ6С5	Жаростойкий в воздушной среде до 1О73 К, коррозионно–стойкий в среде, содержащей соединения серы, стойкий к резким сменам температуры	Отливки, работающие при температурах до 1О73 К
ЧЮ22Ш	Жаростойкий в среде, содержащей серу, сернистый газ и окислы ванадия и пары воды. В воздушной среде жаростойкий до 1373 К. Высокая прочность при нормальной и повышенной температурах	Детали арматуры котлов, дистанционирующие детали пароперегревателей котлов, детали обжиговых колчеданных печей, нагревательных кольцевых печей, колосники агломерационных машин
ЧЮ3О	Жаростойкий в воздушной среде до 1373 К. Стойкий против износа	Детали печей обжига колчедана
ЧГ6С3Ш, ЧГ7Х4	Износостойкий в абразивной среде и против истирания в пыле– и пульпопроводах, мельницах и т.д.	Износостойкие детали мелющего оборудования, детали насосов, футеровки мельниц, дробе- и пескоструйных камер
ЧГ8Д3	Немагнитный, износостойкий чугун для эксплуатации в условиях повышенных температур	Немагнитные детали, сопряженные трущиеся детали арматуры

Продолжение табл. 3.9

Марка чугуна	Эксплуатационное свойство чугунов	Применение
ЧНХТ	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород) и водных растворах	Маслоты поршневых компрессионных и маслосъемных колец, седла и направляющие втулки клапанов дизелей и газомотокомпрессоров. Детали сглаживающих прессов и размольных мельниц бумагоделательных машин
ЧНХМД	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород) и водных растворах	Блоки и головки цилиндров, выхлопные патрубки двигателей внутреннего сгорания, паровых машин и турбин. Поршни и гильзы цилиндров паровых машин, тепловозных и судостроительных дизелей, детали кислородных и газовых мотокомпрессоров, детали бумагоделательных машин
ЧН2Х	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород), водных растворах и расплавах каустика	Различные типы зубчатых колес, цилиндры двигателей, абразивные диски, дроссели, холодильные цилиндры и валы бумагоделательных, картоноделательных и сушильных машин, матрицы штамповочных прессов
ЧНМШ	Повышенные механические свойства и термостойкость при температуре эксплуатации до 773 К	Крышки и днища цилиндров дизелей, головки поршней, маслоты поршневых колец, холодильные цилиндры и валы бумагоделательных, картоноделательных и сушильных машин
ЧН4Х2	Высокая стойкость против абразивного износа и истирания	Износостойкие детали машин, перекачивающих абразивные смеси, футеровки мельниц, пылепроводов, размалывающие валки и шары, сопла, склизы, грохота
ЧН15Д3Ш, ЧН15Д7	Высокая коррозионная и эрозионная стойкость в щелочах, слабых растворах кислот, серной кислоте любой концентрации при температуре более 323 К, в морской воде, в среде перегретого водяного пара. Чугун имеет высокий коэффициент термического расширения, может быть парамагнитным при низком содержании хрома	Насосы, вентили и другие детали нефтедобывающей, химической и нефтеперерабатывающей промышленности и арматуростроения. Немагнитные литые детали электротехнической промышленности. Вставки гильз цилиндров, головки поршней, седла и направляющие втулки клапанов и выхлопные коллекторы двигателей внутреннего сгорания
ЧН19Х3Ш ЧН11Г7Ш	Жаропрочность при температуре до 873 К, высокая коррозионная и эрозионная стойкость в щелочах, слабых растворах кислот, серной кислоте любой концентрации при температуре более 323 К в морской воде, в среде перегретого водяного пара. Имеет высокий коэффициент термического расширения, может быть парамагнитным при низком содержании хрома	Выпускные коллекторы, клапанные направляющие, корпусы турбонагнетателей в газовых турбинах, головки поршней, корпусы насосов, вентили и немагнитные детали
ЧН2ОД2Ш	Высокие механические свойства при температуре до 173 К. Чугун имеет высокую ударную вязкость не менее 3,О да Дж/см^2 на образцах с острым надрезом (Шарпи) и может быть пластически деформирован в холодном состоянии	Насосы и другие детали нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, детали топливной арматуры
ЧНХМДШ	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород) и водных растворах	Блоки и головки цилиндров, выхлопные патрубки двигателей внутреннего сгорания, паровых машин и турбин. Поршни и гильзы цилиндров паровых машин, тепловозных и судостроительных дизелей, детали кислородных и газовых мотокомпрессоров, детали бумагоделательных машин.
ЧН3ХМДШ	Высокие механические свойства, сопротивление износу и коррозии в слабощелочных и газовых средах (продукты сгорания топлива, технический кислород), водных растворах и расплавах каустика	Различные типы зубчатых колес, цилиндры двигателей, абразивные диски, дроссели, холодильные цилиндры и валы бумагоделательных, картоноделательных и сушильных машин, матрицы штамповочных прессов.
L–ИіМИ 13 7	Не обладает магнитными свойствами	Крышки, создающие давление в турбогенераторных установках, кожухи распределительных устройств, фланцы изоляторов, зажимы и трубы

Продолжение табл. 3.9

Марка чугуна	Эксплуатационное свойство чугунов	Применение
L–ИiCuCr 15 6 2	Обладает хорошим сопротивлением коррозии, в особенности в щелочных средах, в разбавленных растворах кислот, в морской воде и в солевых растворах. Обладает хорошей теплостойкостью, хорошими несущими свойствами, высоким тепловым расширением, не обладает магнитными свойствами при низких содержаниях хрома	Насосы, клапаны, составляющие печи, втулки для кольцевых держателей поршня и металлических поршнях, изготовленных из легких сплавов.
L–ИiCuCr 15 6 3	Обладает лучшим сопротивлением коррозии и эрозии, чем марка L–ИiCuCr Л563	То же
L–ИiCr 2O 2	Обладает свойствами, аналогичными марке L–ИiCuCr 15 6 2, но с более высоким сопротивлением коррозии в щелочных средах. Высокий коэффициент термического расширения	Для тех же изделий, что и марка L–ИiCuCr 15 6 2, но предпочтительно для насосов, перекачивающих щелочь, для сосудов, в которых хранятся едкие щелочи; применяется в мыловарении, пищевой промышленности, а также в отраслях промышленности по производству искусственного шелка и пластмассах. Пригоден в тех случаях, когда требуются материалы, не содержащие медь
L–ИiCr 2O 3	Обладает теми же свойствами, что и марка L–ИiCr 2O 2, но обладает повышенным сопротивлением эррозии*, повышенной теплостойкостью и повышенной степенью расширения	В тех же изделиях, что и марка L–ИiCr 2O 2, но предпочтительно для применения в условиях высоких температур
L–ИiSiCr 2O 5 3	Обладает хорошим сопротивлением коррозии, даже в условиях разбавленной серной кислоты. Более теплостойкий, чем марка L–ИiCr 2O 2 и марка L–ИiCr 2O 3	Составные части насосов, отливки клапанов, применяемых в промышленных печах
L–ИiCr 3O 3	Обладает стойкостью к нагреванию и термическому удару до температуры 8OO °C. Хорошее сопротивление коррозии при высоких температурах, высокое сопротивление эррозии* в условиях мокрого пара и соляной суспензии; средняя степень термического расширения	Насосы, сосуды под давлением, клапаны, детали фильтрующих устройств, выхлопных трубопроводов и для корпусов турбозагрузочных устройств
L–ИiSiCr 3O 5 5	Обладает хорошим сопротивлением коррозии, эррозии* и теплостойкостью; средняя степень теплового расширения	Применяется для составных частей насосов, для клапанов, применяемых для промышленных печей
L–Ii 35	Обладает стойкостью тепловому напряжению; низкая степень термического расширения	Детали, обладающие способностью сохранять размеры (например, в станках), для научных приборов, для стеклянных форм
S–Ii МИ 13 7	Не обладает магнитными свойствами	Крышки, создающие давление, в турбогенераторных установках, кожухи распределительных устройств, фланцы изоляторов, зажимы и трубы.
S–ИiCr 2O 2	По своему составу, по сопротивлению коррозии и теплостойкости аналогичен марке L–ИiCr 2O 2	Насосы, клапаны, компрессоры, втулки, корпусы турбонагнетателей, для выхлопных трубопроводов
S–ИiCr 2O 3	По свойствам аналогичен марке S–ИiCr 2O 2, но более теплостойкий и обладает лучшим сопротивлением эррозии*	То же
S–ИiSiCr 2O 5 2	Обладает хорошим сопротивлением коррозии даже в разбавленной серной кислоте. Хорошая теплостойкость.	Составные части для клапанов, насосы, для отливок, применяемых в промышленных печах, которые подвергаются высокому механическому напряжению
S–Ii 22	Высокий коэффициент теплового расширения; более низкое сопротивление коррозии и более низкая теплостойкость, чем у марки L–ИiCr 2O 2. Хорошие характеристики динамического воздействия вплоть до минус 1OO °C. Магнитными свойствами не обладает	Насосы, клапаны, компрессоры, втулки, корпусы турбонагнетателей, для выхлопных трубопроводов
S–ИiМИ 23 4	Очень высокий коэффициент теплового расширения. Хорошие характеристики динамического воздействия вплоть до минус 196 °C. Магнитными свойствами не обладает	Отливки в холодильной технике для использования до температуры минус 196 °C.

Продолжение табл. 3.9

Марка чугуна	Эксплуатационное свойство чугунов	Применение
S–ИiCr 3О 1	Обладает свойствами, аналогичными свойствам марки S–ИiCr 3О 3, хорошие опорные характеристики	Насосы, котлы, клапаны для деталей фильтрующих устройств, для выхлопных трубопроводов, для корпусов турбонагнетателей
S–ИiCr 3О 3	Обладает свойствами, аналогичными свойствам марки L–ИiCr 3О 3. Обладает повышенным сопротивлением ползучести, при добавлении 1% по массе молибдена	Насосы, котлы, клапаны, детали фильтрующих устройств, выхлопных трубопроводов, корпусы турбонагнетателей
S–ИiSiCr 3О 5 5	Обладает свойствами, аналогичными свойствам марки L–ИiSiCr 3О 5 5. Обладает повышенным сопротивлением ползучести, при добавлении 1% по массе молибдена	Составные части насосов, клапанов, отливки, применяемые в промышленных печах, подвергаемых высокому механическому напряжению
S–Иi 35	Подобно марке L–Иi 35, имеет небольшой коэффициент теплового расширения, но более стойкий к тепловому удару	Детали, обладающие способностью сохранить размеры (например, в станках), для научных приборов, для стеклянных форм
S–ИiCr 35 3	Обладает свойствами, аналогичными свойствам марки S–Иi 35, повышенным сопротивлением ползучести при добавлении 1% по массе молибдена	Составные части корпусов газовых турбин, для стеклянных форм

Таблица 3.1О

Виды термической обработки отливок из легированных чугунов

Термообработка и ее назначение	Режим*			Вид чугуна
	Температура, К	Выдержка, ч	Охлаждение	
Высокотемпературный графитизирующий отжиг для уменьшения твердости и содержания структурно свободного цементита	1173–1223	6–12	С печью	Низколегированные чугуны всех видов, за исключением износостойких
	1133–1153	1–2	С печью	Высоколегированные кремнистые
Гомогенизирующая выдержка с нормализацией для снижения магнитной проницаемости, твердости, а также повышения пластичности и прочности	1253–1313	4–6	На воздухе (в масле или жидком стекле)	Высоколегированные чугуны марганцовистые и никелевые, исключая марки ЧН4Х2 и ЧГ7Х4
Нормализация для повышения твердости отливок	1323–1373	1–2	На воздухе	Высокохромистые износостойкие
	1133–1153	1–2	На воздухе	Низколегированные хромистые, алюминиевые и никелевые чугуны, а также износостойкие ЧГ7Х4, ЧН4Х2
Отпуск после отливки или нормализации для снятия внутренних напряжений	473–523	2–3	С печью	Для всех видов чугуна, кроме высокохромистых и высокоалюминиевых
	793–833	3–4	С печью	Для высоколегированного хромистого и алюминиевого чугуна
Отжиг и высокий отпуск для снижения твердости и улучшения обрабатываемости	963–1О23	6–12	С печью	Высоколегированные чугуны
	933–963	6–12	С печью	Низколегированные чугуны
Отпуск для уменьшения ползучести жаропрочных отливок (повышается магнитная проницаемость из–за выпадения мелкодисперсного цементита)	723–923 (на 3О–5О° выше температуры эксплуатации)	4–6	С печью	Высоконикелевые чугуны с шаровидным графитом

Примечание. * Время нагрева выбирается в зависимости от размера и массы деталей.

Таблица 3.11

Показатели прочности при растяжении жаростойких чугунов при повышенных температурах (кратковременные испытания)

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении, МПа, при температуре, К				
	773	873	973	1073	1173
ЧХ1	196	147	68	29	–
ЧХ2	196	147	78	29	–
ЧХ3	167	147	88	29	–
ЧХ16	440	294	137	88	–
ЧХ32	392	294	196	98	68
ЧС5	118	98	49	19	–
ЧС5Ш	440	382	118	39	–
ЧЮХШ	343	235	130	78	–
ЧЮ7Х2	294	226	157	29	–
ЧЮ6С5	118	98	49	19	–
ЧЮ22Ш	245	275	168	137	78

Таблица 3.12

Механические свойства (кратковременные испытания) и модуль нормальной упругости чугунов с шаровидным графитом при 873 К

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении, МПа	Предел текучести при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, даДж/см^2	Модуль нормальной упругости, МПа
	не менее				
ЧН19Х3Ш	250	180	2,0	2,0	11·104
ЧН11Г7Ш	300	180	10	2,0	12·104
ЧЮ22Ш	350	–	0,5	0,5	13·104

Таблица 3.13

Длительная прочность и скорость ползучести чугунов с шаровидным графитом при высокой температуре

Марка чугуна	Длительная прочность при 873 К		Скорость ползучести, %/ч, при напряжении 40 МПа
	Напряжение, МПа	Время до разрушения, ч	
ЧН19Х3Ш	120	1000	$1{,}0\cdot10^{-4}$ (873 К) $2{,}0\cdot10^{-4}$ (973 К)*
ЧН11Г7Ш	120	1000	$1{,}8\cdot10^{-4}$ (873 К)
ЧЮ22Ш	100	1000	$4{,}0\cdot10^{-5}$ (973 К)*

Примечание. * Скорость ползучести при температуре 973 К и напряжении 30 МПа.

В целом ряде отраслей промышленности нашли применение антифрикционные чугуны (ГОСТ 1585), которые применяются для изготовления узлов и деталей, испытываемых трение (подшипники скольжения, шарниры, шатуны, направляющие и т.д.).

В табл. 3.14 приведены марки и химический состав данных чугунов, в табл. 3.15 — микроструктура чугунов, а табл. 3.16 — твердость антифрикционных чугунов.

Таблица 3.14

Химический состав антифрикционных чугунов

Марка чугуна*	Массовая доля элемента, %												
	C	Si	МИ	Cr	Иі	Ti	Cu	Sb	Pb	Al	Mg	P	S
АЧС–1	3,2–3,6	1,3–2,0	0,6–1,2	0,2–0,5	–	–	0,8–1,6	–	–	–	–	0,15–0,40	Не более 0,12
АЧС–2	3,0–3,8	1,4–2,2	0,3–1,0	0,2–0,5	0,2–0,5	0,03–0,10	0,2–0,5	–	–	–	–	0,15–0,40	Не более 0,12
АЧС–3	3,2–3,8	1,7–2,6	0,3–0,7	Не более 0,3	Не более 0,3	0,03–0,10	0,2–0,5	–	–	–	–	0,15–0,40	Не более 0,12
АЧС–4	3,0–3,5	1,4–2,2	0,4–0,8	–	–	–	–	0,04–0,40	–	–	–	Не более 0,30	0,12–0,20
АЧС–5	3,5–4,3	2,5–3,5	7,5–12,5	–	–	–	–	–	–	0,4–0,8	–	Не более 0,20	Не более 0,05
АЧС–6	2,2–2,8	3,0–4,0	0,2–0,6	–	–	–	–	–	0,5–1,0	–	–	0,5–1,0	Не более 0,12
АЧВ–1	2,8–3,5	1,8–2,7	0,6–1,2	–	–	–	Не более 0,7	–	–	–	0,03–0,08	Не более 0,20	Не более 0,03
АЧВ–2	2,8–3,5	2,2–2,7	0,4–0,8	–	–	–	–	–	–	–	0,03–0,08	Не более 0,20	Не более 0,03
АЧК–1	2,3–3,0	0,5–1,0	0,6–1,2	–	–	–	1,0–1,5	–	–	–	–	Не более 0,20	Не более 0,12
АЧК–2	2,6–3,0	0,8–1,3	0,2–0,6	–	–	–	–	–	–	–	–	Не более 0,25	Не более 0,12

Примечание. * В обозначении марки: АЧ – антифрикционный чугун; С – серый с пластинчатым графитом; В – высокопрочный с шаровидным графитом; К – ковкий с компактным графитом; цифра – порядковый номер марки.

Таблица 3.15

Микроструктура антифрикционных чугунов

Марка чугуна	Графит			Перлит*		Фосфидная эвтектика (характер распределения)	Прочие составляющие
	Форма	Размер	Распределение	Занимаемая площадь	Дисперсность		
АЧС–1 АЧС–2	ПГф1, ПГф2, ПГф4, ВГф2	ПГд15–ПГд180	ПГр1–ПГр3	П–П70	ПДО,3–ПД1,6	ФЭр1, ФЭр2	Цементит не допускается
АЧС–3				П85, П70			
АЧС–4				П–П85			
АЧС–5				Аустенит: после закалки – не менее 80% поля шлифа, в литом состоянии – не менее 45% поля шлифа. Карбиды: после закалки – не более 8%, в литом состоянии – не более 25%			
АЧС–6				П–П85	ПДО,3–ПД1,6	ФЭр2, ФЭр3	Цементит не допускается
АЧВ–1	ШГф2, ШГф4, ШГф5	ШГд15–ШГд180		П96–П45	ПДО,3–ПД1,0	ФЭр1, ФЭр2	Не более 5% цементита
АЧВ–2				П70–П45			
АЧК–1	КГф2, КГф3	КГд15–КГд90		П–П85			Цементит не допускается
АЧК–2				П70–П45			

* Для всех марок чугуна структура металлической основы вида ПТ1.

Таблица 3.16

Микроструктура антифрикционных чугунов

Марка чугуна	Твердость по Бринеллю (НВ)
АЧС–1	18О–241
АЧС–2	18О–229
АЧС–3	16О–19О
АЧС–4	18О–229
АЧС–5	18О–29О 14О–18О*
АЧС–6	1ОО–12О
АЧВ–1	21О–26О
АЧВ–2	167–197
АЧК–1	187–229
АЧК–2	167–197

Примечание. * После нагрева до температуры 95О–1ООО °С, выдержки и закалки.

Рекомендации по назначению роименения антифрикционных чугунов приведены в табл. 3.17, а рекомендуемые режимы работы деталей из антифрикционного чугуна в узлах трения указаны в табл. 3.18.

Таблица 3.17

Рекомендации по назначению применения антифрикционных чугунов

Марка чугуна	Назначение
АЧС-1	Для работы в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧС-2	То же
АЧС-3	Для работы в паре с закаленным или нормализованным валом или валом, не подвергающимся термической обработке
АЧС-4	Для работы в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧС-5	Для работы в особо нагруженных узлах трения в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧС-6	Для работы в узлах трения при температуре до 3ОО °С в паре с валом, не подвергающимся термической обработке
АЧВ-1	Для работы в узлах трения с повышенными окружными скоростями в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧВ-2	Для работы в условиях трения с повышенными окружными скоростями в паре с валом, не подвергающимся термической обработке
АЧК-1	Для работы в паре с закаленным или нормализованным валом
АЧК-2	Для работы в паре с валом, не подвергающимся термической обработке

Таблица 3.18

Рекомендуемые режимы работы деталей из антифрикционного чугуна в узлах трения

Марка чугуна	Давление р, МПа	Скоростьскольжения v, м/с	р·v, МПа·м/с
	Не более		
АЧС-1	5,О 14,О	5,О О,3	12,О 2,5
АЧС-2	1О,О О,1	О,3 3,О	2,5 О,3
АЧС-3	6,О	1,О	5,О
АЧС-4	15,О	5,О	4О,О
АЧС-5	2О,О 3О,О	1,О О,4	2О,О 12,5
АЧС-6	9,О	4,О	9,О
АЧВ-1	1,5 2О,О	1О,О 1,О	12,О 2О,О
АЧВ-2	1,О 12,О	5,О 1,О	3,О 12,О
АЧК-1	2О,О	2,О	2О,О
АЧК-2	О,5 12,О	5,О 1,О	2,5 12,О

Примечание. Проводимые для некоторых марок чугуна два предельных значения для *р* и, соответственно, для *v* указывают допустимые сочетания значений каждого из этих показателей.

Отливки из *ковкого чугуна*, изготовленные из белого чугуна и подвергнутые термической обработ- ке с целью получения необходимых механических свойств и микроструктуры, состоящей из феррита и перлита в различных соотношениях и углерода отжига. Отливки изготавливают из ковкого чугуна следующих марок:

КЧ 3О-6, КЧ 33-8, КЧ 35-1О, КЧ 37-12 ферритного класса, характеризующегосяферритной или ферритно-перлитной микроструктурной металлической основы;

КЧ 45-7, КЧ 5О-5, КЧ 55-4, КЧ 6О-3, КЧ 65-3, КЧ 7О-2, КЧ 8О-1,5 перлитного класса, характеризующегося в основном перлитной микроструктурной металлической основы.

Химический состав для отливок из ковкого чугуна ферритного и перлитного классов ковкого чугуна приведен в табл. 3.19.

Таблица 3.19

Химический состав отливок из ковкого чугуна

Марка чугуна	Способ выплавки	Химический состав, %						
		Углерод	Кремний	Массовая доля углерода и кремния	Марганец	Фосфор	Сера	Хром
		Ферритного класса						
КЧ 3О-6; КЧ 33-8	Вагранка	2,6–2,9	1,О–1,6	3,7–4,2	О,4–О,6	О,18	О,2О	О,О8
КЧ 35-1О	Вагранка – электропечь	2,5–2,8	1,1–1,3	3,6–4,О	О,3–О,6	О,12	О,2О	О,О6
КЧ 37-12	Электропечь – электропечь	2,4–2,7	1,2–1,4	3,6–4,О	О,2–О,4	О,12	О,О6	О,О6
		Перлитного класса						
КЧ 45-7; КЧ 5О-5; КЧ 55-4; КЧ 6О-3;	Вагранка – электропечь	2,5–2,8	1,1–1,3	3,6–3,9	О,3–1,О	О,1О	О,2О	О,О8
КЧ 65-3; КЧ 7О-2; КЧ 8О-1,5	Электропечь – электропечь	2,4–2,7	1,2–1,4	3,6–3,9	О,3–1,О	О,1О	О,О6	О,О8

Таблица 3.2О

Механические свойства отливок из ковкого чугуна

Марка ковкого чугуна ферритного и перлитного класса	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм2), не менее	Относительное удлинение, %, не менее	Твердость по Бринеллю НВ
КЧ 3О-6	294 (3О)	6	1ОО–163
КЧ 33-8	323 (33)	8	1ОО–163
КЧ 35-1О	333 (35)	1О	1ОО–163
КЧ 37-12	362 (37)	12	11О–163
КЧ 45-7	441 (45)	7*	15О–2О7
КЧ 5О-5	49О (5О)	5*	17О–23О
КЧ 55-4	539 (55)	4*	192–241
КЧ 6О-3	588 (6О)	3	2ОО–269
КЧ 65-3	637 (65)	3	212–269
КЧ 7О-2	686 (7О)	2	241–285
КЧ 8О-1,5	784 (8О)	1,5	27О–32О

Приме чание .* По согласованию изготовителя с потребителем допускается понижение на 1%.

Примеры условных обозначений.

Отливка из ковкого чугуна марки КЧ 3О-6 ферритного класса:

Отливка КЧ 30-6-Ф ГОСТ 1215-79.

Отливка из ковкого чугуна марки КЧ 6О-3 перлитного класса:

Отливка КЧ 60-3-II ГОСТ 1215-79.

Чугун с шаровидным графитом для отливок (высокопрочный чугун) ГОСТ 7293. К данному виду относятся чугуны для отливок, имеющие в структуре график шаровидной и вермикулярной формы.

Для изготовления отливок предусматриваются следующие марки чугуна ВЧ 35, ВЧ 4О, ВЧ 45, ВЧ 5О, ВЧ 6О, ВЧ 7О, ВЧ 8О, ВЧ 1ОО.

Марка чугуна определяются его временным сопротивлением при растяжении и условным пределом текучести.

Механические свойства чугуна в литом состоянии или после термической обработки должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 3.21.

Таблица 3.21

Механические свойства высокопрочного чугуна в литом состоянии или после термической обработки

Марка чугуна	Временное сопротивление при растяжении σ_B, МПа (кгс/мм^2)	Условный предел текучести σ_{O2}, МПа (кгс/мм^2)
ВЧ 35	350 (35)	220 (22)
ВЧ 40	400 (40)	250 (25)
ВЧ 45	450 (45)	310 (31)
ВЧ 50	500 (50)	320 (32)
ВЧ 60	600 (60)	370 (37)
ВЧ 70	700 (70)	420 (42)
ВЧ 80	800 (80)	480 (48)
ВЧ 100	1000 (100)	700 (70)

Высокопрочные чугуны ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100 применяются для изготовления узлов и деталей с повышенными механическими свойствами. ВЧ имеет хорошие литейные свойства: высокую жидкотекучесть, незначительную склонность к образованию горячих трещин. Вместе с тем его склонность к образованию усадочных раковин и литейных напряжений выше, чем у серого чугуна. Кроме того, ВЧ имеет удовлетворительную коррозионную стойкость (не ниже, чем СЧ), жаростойкость, хладостойкость, антифрикционные свойства, обрабатываемость резанием и может подвергаться сварке и автогенной резке.

Условное обозначение марки включает буквы ВЧ — высокопрочный чугун и цифровое обозначение минимального значения временного сопротивления при растяжении в Мпа·10^{-1}.

Пример условного обозначения:

ВЧ 50 ГОСТ 7293-85

ГЛАВА 4

СОРТАМЕНТ

4.1. СТАЛЬНОЙ МРОКАТ

Сортовая сталь в виде полос, круга, квадрата и фасонных профилей (угловая, коробчатая, двухтавровая и др.) применяется для изготовления фланцев, муфт, пробок, различных внутренних устройств, опорных балок и других деталей аппаратов.

Рекомендуемые марки сталей для сортового и фасонного проката, приведены в табл. 4.1 (ГОСТ 34347). Механические свойства сортовой стали приведены в табл. 4.2.

При заказе сортовой углеродистой стали обыкновенного качества должны оговариваться степень раскисления и категория стали.

При заказе сортовых коррозионностойких сталей необходимо оговаривать поставку их в термообработанном состоянии и проверку на стойкость против межкристаллитной коррозии.

Для изготовления аппаратов применяется сортовая горячекатаная сталь, поставляемая в виде полос по сортаменту ГОСТ 1О3 шириной 11—2ОО мм, толщиной 4—6О мм; кругов по сортаменту ГОСТ 259О диаметром 5—25О мм; квадратов по сортаменту ГОСТ 2591 размером 5—2ОО мм; шестигранников по сортаменту ГОСТ 2879 размером 8 – 1ОО мм; уголков равнобоких по сортаменту ГОСТ 85О9

4.1.1. МРОКАТ лИСТОВОЙ СТАЛЬНОЙ

Основным конструкционным материалом при изготовлении химического и природоохранного оборудования является листовой горячекатаный и холоднокатаный прокат. Он может выпускаться в виде листов и рулонов. Горячекатаный прокат в соответствии с ГОСТ 199О3 выпускается шириной 5ОО мм и более, изготовляемый в листах толщиной от О,4О до 16О мм и в рулонах толщиной от 1,2 до 12 мм. Размеры проката, изготовляемого в листах, приведены в табл. 4.1, в рулонах — в табл. 4.2.

Листовой горячекатаный прокат в соответствии с ГОСТ 199О3 подразделяется:

а) по точности прокатки при толщине до 12 мм:
- А — повышенной точности;
- Б — нормальной точности;

б) по плоскостности:
- ПО — особо высокой плоскостности;
- ПВ — высокой плоскостности;
- ПУ — улучшенной плоскостности;
- ПН — нормальной плоскостности;

в) по характеру кромки:
- НО — с необрезанной кромкой;
- О — с обрезанной кромкой.

Листовой холоднокатаный прокат в соответствии с ГОСТ 199О4 выпускается шириной 5ОО мм и более, изготовляемый в листах толщиной от О,35 до 5,ОО мм, в рулонах толщиной от О,35 до 3,5 мм. Размеры про-

с номерами профиля 2—25; уголков неравнополочных по сортаменту ГОСТ 851О; сортамент швеллеров по ГОСТ 824О. Сортамент проката листовой из легированной ста- ли (ГОСТ 199О3, ГОСТ 199О4, ГОСТ 1О885); сортамент
проката толстолистового из углеродистой стали обык- новенного качества (ГОСТ 14637); сортамент проката тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки (ГОСТ 9О45); сортамент проката листового из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением (ГОСТ 552О): со- ртамент проката толстолистового коррозионно-стойкого, жаростойкого и жаропрочного (ГОСТ 5582); сортамент проката сортового и калиброванного коррозионно-стойко- го, жаростойкого и жаропрочного (ГОСТ 5949); сортамент проката калиброванного шестигранного (ГОСТ 856О); сортамент стали калиброванной круглой (ГОСТ 7417); лента холоднокатанная из углеродной конструкционной стали (ГОСТ 2284); прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения (ГОСТ 16523); прокат листовой горячеоцин- кованный (ГОСТ 14918).

ката, изготовляемого в листах, приведены в табл. 4.3, в рулонах в табл. 4.4.

Листовой холоднокатаный прокат в соответствии с ГОСТ 199О4 подразделяется:

а) по точности изготовления:

– по толщине:

ВТ — высокая;

АТ — повышенная;

БТ — нормальная;

– по ширине:

ВШ — высокая;

АШ — повышенная;

БШ — нормальная (листовой прокат);

– по длине (листовой прокат, кроме прокатанного полистно):

ВД — высокая;

АД — повышенная;

БД — нормальная;

б) по плоскостности (листовой прокат):

ПО — особо высокая;

ПВ — высокая;

ПУ — улучшенная;

ПН — нормальная;

в) по характеру кромки: О — обрезная;

НО — необрезная.

Таблица 4.1

Размеры листового стального горячекатаного проката (ГОСТ 19903)

Толщина листов	Минимальная и максимальная длина листов при ширине, мм												
	500	510	600	650	670	700	710	750	800	850	900	950	1000
0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60	1200	710 1420	1200 2000	1400	1420	1420	1200 2000	1500 2000	–	–	–	–	2000
0,63; 0,65; 0,70; 0,75	1200	710 1420	1420 2000	2000	1420	1420	1200 2000	1500 2000	–	–	–	–	2000 2500
0,8; 0,9	1200	710 1420	1420 2000	2000	1420	1420	1200 2000	1500 2000	1500	–	–	–	2000 2500
1,0	–	–	1420 2000	2000	1420	1420 2000	1420 2000	1600 2000	1600 2500	1700	1800 2000	1900	1800 2500
1,2; 1,3; 1,4	–	–	1420 2000	2000	1420 2000	1420 2000	1420 2000	1500 2000	1600 2000 2500	1800	1800 2000 2500	2000	1800 2500
1,5; 1,6; 1,8	–	–	1420 2000	1420 2000	1420 2000	1420 2000	1420 6000	1500 6000	1600 6000	1800 6000	1500 6000	2000 6000	1500 6000
2,0; 2,2	–	–	1420 2000	1420 2000	1420 2000	1420 6000	1420 6000	1500 6000	1600 6000	2000 6000	1800 6000	2000 6000	2000 6000
2,5; 2,8	–	–	2000	2000	2000	2000 6000	1420 6000	1600 6000	1600 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000
3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9	–	–	2000	2000	2000	2000 6000	1420 6000	1600 6000	1600 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000
4,0; 4,5; 5,0; 5,5	–	–	2000	2000	2000	2000 6000	1420 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000
6; 6,5; 7; 7,5	–	–	–	–	–	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000
8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5	–	–	–	–	–	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 8000
11; 11,5; 12; 12,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2000 6000
13; 13,5; 14; 14,5; 15; 15,5; 16; 16,5; 17; 17,5; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; 20,5; 21; 21,5; 22; 22,5; 23; 23,5; 24; 24,5; 25; 25,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2500 6500
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 34; 36; 38; 40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 4.1

Толщина листов	Минимальная и максимальная длина листов при ширине, мм											
	1100	1250	1400	1420	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,63; 0,65; 0,70; 0,75	–	2500	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,8; 0,9	–	2500										
1,0	–	2500	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,2; 1,3; 1,4	2000 2500	2500 3000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,5; 1,6; 1,8	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	–	–	–	–	–	–	–
2,0; 2,2	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	–	–	–	–	–	–	–
2,5; 2,8	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	–	–	–	–	–	–	–
3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	–	–	–	–
4,0; 4,5; 5,0; 5,5	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	–	–	–	–
6; 6,5; 7; 7,5	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	2000 7000	–	–
8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000
11; 11,5; 12; 12,5	2000 6000	2000 8000	2000 8000	2000 8000	2000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 12000	3000 10000	3000 10000	3000 10000	3000 10000
13; 13,5; 14; 14,5; 15; 15,5; 16; 16,5; 17; 17,5; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; 20,5; 21; 21,5; 22; 22,5; 23; 23,5; 24; 24,5; 25; 25,5	2500 6500	2500 12000	2500 12000	2500 12000	3000 12000	3000 11000	3200 11000	3200 10000	3200 10000	3200 10000	3200 10000	3200 10000
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 34; 36; 38; 40	–	2500 12000	2500 12000	2500 12000	3000 12000	3000 12000	3200 12000	3200 12000	3200 12000	3200 12000	3200 12000	3200 12000
42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160	–	2500 9000	2500 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000	3500 9000

Продолжение табл. 4.1

Толщина листов	Минимальная и максимальная длина листов при ширине, мм											
	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3200	3400	3600	3800
0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,63; 0,65; 0,70; 0,75	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,8; 0,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,2; 1,3; 1,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,5; 1,6; 1,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,0; 2,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5; 2,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,0; 4,5; 5,0; 5,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6; 6,5; 7; 7,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5	3000 12000	4000 12000	4000 12000	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11; 11,5; 12; 12,5	3000 10000	4000 10000	4000 9000	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13; 13,5; 14; 14,5; 15; 15,5; 16; 16,5; 17; 17,5; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; 20,5; 21; 21,5; 22; 22,5; 23; 23,5; 24; 24,5; 25; 25,5	3200 10000	3200 10000	3200 10000	3200 10000	3200 10000	3200 10000	–	–	–	–	–	–
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 34; 36; 38; 40	3200 12000	3200 11000	3200 11000	3200 10000	3200 10000	3200 10000	3200 10000	3000 9500	3200 9500	3400 9500	3600 9500	–
42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160	3500 9000	3500 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3000 9000	3200 9000	3400 8500	3600 8000	3600 7000

Примечание. По требованию потребителя листовой прокат может изготовляться других размеров, отличных от указанных в табл. 4.1.

Таблица 4.2

Размеры рулонного стального горячекатаного проката (ГОСТ 19903)

Ширина проката, мм	Толщина проката, поставляемого в рулонах
500	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
530	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
550	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,5; 12,0
600	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
630	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
650	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
670	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
700	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
(710)	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
750	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
800	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
850	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
900	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
950	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1000	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1100	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1250	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1400	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
(1420)	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1500	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1600	3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1700	3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1800	3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0
1900	6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0
2000	6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0
2100	7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0
2200	7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0

Примечание. По требованию потребителя листовой прокат может изготовляться в рулонах других размеров по толщине и ширине по сравнению с указанной в табл. 4.2.

Таблица 4.3

Размеры листового холоднокатаного стального проката (ГОСТ 19904)

Толщина листов, мм	Минимальная и максимальная длина листов при ширине, мм																									
	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1250	1400	1450	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2350
0,35–0,50	1000	1100	1200	1300	1400	1500			1500				1500		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,55–0,75	2500	2500	2500	3000	3000	3000			3000				3500					–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,80									1500				1500		2000				–	–	–	–	–	–	–	–
0,90–1,00									3500				4000		4000					–	–	–	–	–	–	–
1,10–1,30																			2000 4200		–	–	–	–	–	–
1,40–2,00	1000	1100	1200	1300	1400									1500 6000						2500	2200* 3500					–
2,20–2,50	3000	3000	3500	3500	3500			1500 3500							2000					6000						
2,80–3,20															6000			2000								
3,50–3,90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		2000		2000 4700	4750			2500 3500					
4,00–5,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		4500											

* При толщине проката 1,5–2,0 мм минимальная длина листа 2000 мм.

Таблица 4.4

Размеры рулонного стального холоднокатаного проката (ГОСТ 19904)

Толщина, мм	Ширина, мм					
	500–1250	1400–1500	1600–1700	1800	1900–2000	2100–2300
0,35–0,50	+	–	–	–	–	–
0,55–0,65	+	+	+	–	–	–
0,70–0,80	+	+	+	+*	–	–
0,90–1,00	+	+	+	+*	+*	–
1,10–1,40	+	+	+	+	+*	–
1,50–2,00	+	+	+	+	–	–
2,20–2,50	+	+	+	+	+	+
2,80–3,50	+	+	+	+	–	–

* Изготовляется из низкоуглеродистых марок стали.

Листовой и рулонный стальной прокат изготовляют из стали различных марок. В соответствии с группами марок сталей отечественной промышленностью выпускаются следующие виды стального проката:

1) прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества (ГОСТ 14637);
2) прокат толстолистовой и широкополосный из конструкционной качественной стали (ГОСТ 1577);
3) прокат из стали повышенной прочности (ГОСТ 19281);
4) прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный (ГОСТ 5582);
5) сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная (ГОСТ 735О).

Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества (ГОСТ 14637)

Прокат изготовляют в виде листов и рулонов из стали марок СтО, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс по ГОСТ 38О.

В зависимости от нормируемых характеристик прокат подразделяют на категории: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Для обозначения категории к обозначению марки добавляется номер категории, например, Ст3пс1, Ст4сп3.

Категорию проката потребитель указывает в заказе. При отсутствии указания категорию выбирает предприятие-изготовитель.

Категории проката в зависимости от нормируемых характеристик приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Категории проката из углеродистой стали обыкновенного качества (ГОСТ 14637)

Категория	Нормируемая характеристика								Марка стали
	Химический состав	Механические свойства при растяжении и изгибе до параллельности сторон	Ударная вязкость						
			KCU				KCV		
			при температуре, °С			после механического старения	при температуре, °С		
			+2О	–2О	–4О		0	+2О	
1	–	+	–	–	–	–	–	–	СтО, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс
2	+	+	–	–	–	–	–	–	Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс
3	+	+	+	–	–	–	–	–	Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4пс, Ст4сп
4	+	+	–	+	–	–	–	–	Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп
5	+	+	–	+	–	+	–	+	Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп
6	+	+	–	–	+	+	+	–	Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп

Приме чания:

1. Знак «+» означает, что характеристика нормируется, «–» — не нормируется.
2. Для проката из стали марки СтО предел текучести и ударная вязкость не нормируются.
3. Прокат категорий 2 и 3 из стали марок Ст3пс и Ст3сп толщиной 5 мм и более, кроме проката, предназначенного для передела на трубы, изготовляют по согласованию изготовителя с потребителем.
4. Для проката категории 5, предназначенного для передела на трубы, нормируется KCU при температуре минус 2О °С и один из двух других показателей ударной вязкости: KCU после механического старения или KCV при температуре плюс 2О °С.

Прокат категорий 1–5 изготовляют в горячекатаном состоянии, категории 6 — в упрочненном состоянии.

Для обеспечения требуемых свойств проката всех категорий может применяться термическая обработка.

Механические свойства горячекатаного проката при испытании на растяжение и изгиб должны соответство- вать нормам, приведенным в табл. 4.6

Таблица 4.6

Механические свойства горячекатаного проката из углеродистой стали обыкновенного качества (ГОСТ 14637)

Марка стали	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2), для толщин, мм				Относительное удлинение σ_5, %, для толщин, мм			Изгиб до параллельности сторон (*a* — толщина образца, *d* — диаметр оправки) для толщин, мм	
		до 20	св. 20 до 40	св. 40 до 100	св. 100	до 20	св. 20 до 40	св. 40	до 20	св. 20
		не менее								
Ст0	Не менее 300(31)	–	–	–	–	23	22	20	d = 2,5a	d = 3,5a
Ст2кп Ст2пс, Ст2сп Ст3кп	320–110(33–42)	215(22)	205(21)	195(20)	185(19)	33	32	30	d = 1,5a	d = 2,5a
	330–430(34–44)	225(23)	215(22)	205(21)	195(20)	32	31	29		
	360–460(37–47)	235(24)	225(23)	215(22)	195(20)	27	26	24		
Ст3пс, Ст3сп	370–480(38–49)	245(25)	235(24)	225(23)	205(21)	26	25	23		
Ст3Гпс	370–490(38–50)									
Ст3Гсп	390–570(40–58)	255(26)	245(25)	–	–	23	24	–		
Ст4пс, Ст4сп	410–530(42–54)	265(27)	255(26)	245(25)	235(24)	21	23	21	d = 2,5a	d = 3,5a
Ст5пс, Ст5сп	490–630(50–64)	285(29)	275(28)	265(27)	255(26)	20	19	17	d = 3,5a	d = 4,5a
Ст5Гпс	450–590(46–60)									

Нормы ударной вязкости KCU горячекатаного проката категорий 3–5 должны соответствовать приведенным в табл. 2.26.

Таблица 4.7

Нормы ударной вязкости kCU горячекатаного проката из углеродистой стали обыкновенного качества (ГОСТ 14637)

Марка стали	Толщина проката, мм	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2)		
		при температуре, °С		после механического старения
		+20	–20	
		не менее		
Ст3пс, Ст3сп	5–9	78(8)	39(4)	39(4)
	10–25	69(7)	29(3)	29(3)
	26–40	49(5)	–	–
Ст3Гпс	5–9	78(8)	39(4)	39(4)
	10–30	69/7)	29(3)	29(3)
	31–40	49(5)	–	–
Ст3Гсп	5–9	78(8)	39(4)	39(4)
	10–30	69(7)	29(3)	29(3)
	31–40	49(5)	29(3)	29(3)
Ст4пс, Ст4сп	5–9	78(8)	–	–
	10–25	59(6)	–	–
	26–40	39(4)	–	–

Примечание. По согласованию потребителя с изготовителем нормы ударной вязкости устанавливаются для толщины 4–9 мм соответствующие значениям для толщины 5–9 мм.

ПРэМęРє ѓСЛОВ¢єХ О₵ОЭ¢АąęęэВ ПРОКАТА

Схема условного обозначения

П р и м е ч а н и е . Параметры и характеристики проката, приведенные в схеме, если они не указаны в заказе, устанавливаются изготовителем и в обозначении не приводятся.

П р и м е р ы у с л о в н ы х о б о з н а ч е н и й :

Лист повышенной точности (А), особо высокой плоскостности (ПО) с обрезанной кромкой (О), размерами 8×15ОО×12ООО мм по ГОСТ 199О3 из стали марки Ст3сп, категории 3 по ГОСТ 14637-89:

$$Лист\ \frac{А\text{-}ПО\text{-}О\text{-}8\times1500\times12000\ ГОСТ\ 19903\text{-}74}{Ст3сп3\ ГОСТ\ 14637\text{-}89}.$$

То же, для проката, предназначенного для сварных конструкций (св):

$$Лист\ \frac{А\text{-}ПО\text{-}О\text{-}8\times1500\times12000\ ГОСТ\ 19903\text{-}74}{Ст3сп3\text{-}св\ ГОСТ\ 14637\text{-}89}.$$

Лист нормальной точности (Б), улучшенной плоскостности (ПУ), с обжатой кромкой (К), размерами 26×1ООО×8ООО мм по ГОСТ 199О3-74 из стали марки Ст3сп, категории 4 по ГОСТ 14637-89:

$$Лист\ \frac{Б\text{-}ПУ\text{-}К\text{-}26\times1000\times8000\ ГОСТ\ 19903\text{-}74}{Ст3сп4\ ГОСТ\ 14637\text{-}89}.$$

Рулон повышенной точности (А), с необрезанной кромкой (НО), размерами 1О×15ОО мм по ГОСТ 199О3-74 из стали марки Ст3пс, категории 3 по ГОСТ 14637-89:

$$Рулон\ \frac{А\text{-}НО\text{-}10\times1500\ ГОСТ\ 19903\text{-}74}{Ст3пс3\ ГОСТ\ 14637\text{-}89}.$$

Прокат тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки (ГОСТ 9О45) подразделяют:

1. По видам продукции: листы и рулоны;
2. По нормируемым характеристикам на категории: 1, 2, 3, 4, 5;
3. По качеству отделки поверхности на группы:
   а) особо высокой отделки — I;
   б) высокой отделки — II;
   в) повышенной отделки — III (IIIа, IIIб);
4. По способности к вытяжке (прокат толщиной до 2 мм):
   а) весьма особо сложной — ВОСВ, ВОСТ;
   б) особо сложной — ОСВ;
   в) сложной — СВ;
   г) весьма глубокой — ВГ.

Категории проката приведены в табл. 4.8, механические свойства проката должны соответствовать требованиям табл. 4.9.

Таблица 4.8

Категории проката по ГОСТ 9045

Категория проката	Нормируемые характеристики					Способность к вытяжке	Толщина проката, мм
	Предел текучести	Временное сопротивление	Относительное удлинение	Твердость	Глубина сферической лунки		
1	–	–	–	–	+	СВ, ВГ	До 2,О
2	–	+	+	–	–	СВ, ВГ, ОСВ	» 3,9
3	–	+	+	–	+	ОСВ, СВ, ВГ	» 2,О
4	+	+	+	–	+	ВОСВ, ВОСВ–Т, ОСВ, СВ	» 2,О
5	+	+	+	+	+	ВОСВ, ВОСВ–Т, ОСВ, СВ	» 2,О

Таблица 4.9

Механические свойства по способности к вытяжке

Способность к вытяжке	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2), не более	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_4, %, не менее, при толщине проката				Твердость, не более		
							HR 15T	HR 3OT	HRB
							при толщине проката		
			менее О,7 мм	от О,7 до 1,5 мм включ.	св. 1,5 до 2,О мм включ.	св. 2,О до 3,9 мм включ.	св. О,5 до О,8 мм включ.	св. О.8 до 1,7 мм включ.	св. 1,7 до 2,О мм включ.
ОСВ	195(2О)	25О–35О(26–36)	34	36	4О	42*	76	51	46
СВ	2О5(21)	25О–38О(26–39)	32	34	38	4О*	78	53	48
ВГ	–	25О–39О(26–4О)	26	28	29	3О	–	–	–

Приме чание . * До О1.О1.99 факультативно, после чего норма уточняется.

Таблица 4.1О

Механические свойства по способности к вытяжке

Способность к вытяжке	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2), не более	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_4, %, не менее, при толщине проката			Твердость, не более		
						HRT15	HRT3O	HRB
						при толщине проката		
			менее О,7 мм	от О,7 до 1,5 мм включ.	св. 1,5 до 2,О мм включ.	от О,5 до О,8 мм включ.	св. О.8 до 1,7 мм включ.	св. 1,7 до 2,О мм включ.
ВОСВ	185(19)	25О–35О(26–36)	38	4О	42	76	51	46
ВОСВ–Т	175(18)	25О–32О(26–33)	4О	42	44	75	45	43

Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения (ГОСТ 16523) подразделяют:

1) по видам продукции: листы и рулоны;
2) по способу производства: горячекатаный и холоднокатаный;
3) по минимальному значению временного сопротивления (В) на группы прочности: К26ОВ, К27ОВ, ОК3ООВ, К31ОВ, К33ОВ, К35ОВ, ОК36ОВ, ОК37ОВ*, К39ОВ, ОК4ООВ, К49ОВ;
4) по нормируемым характеристикам на категории 1,2,3, 4, 5, 6;

5) по качеству отделки поверхности на группы: а) холоднокатаный:
б) особо высокой отделки – I,
в) высокой отделки — II;
г) повышенной отделки — III (IIIа, IIIб);
д) горячекатаный:
е) повышенной отделки — III; ж) обычной отделки — IV;
6) по способности к вытяжке (холоднокатаный прокат толщиной до 2 мм групп прочности К26ОВ, К27ОВ, К31ОВ, К33ОВ, К35ОВ):
а) глубокой — Г;

б) нормальной — Н.

В части сортамента прокат должен соответствовать требованиям: ГОСТ 199О3 — горячекатаный, ГОСТ 199О4 — холоднокатаный.

Прокат изготовляют:

- из углеродистой стали обыкновенного качества групп прочности ОК3ООВ ОК36ОВ, ОК37ОВ, ОК4ООВ;
- из углеродистой качественной стали групп прочности К26ОВ К27ОВ К31ОВ, К33ОВ, К35ОВ, К39ОВ, К49ОВ.

Группу прочности обозначают тремя цифрами, соответствующими нижнему пределу временного сопротивления. Прокат из стали обыкновенного качества обозначают буквами ОК, из стали качественной — К.

Механические характеристики проката приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Механические характеристики проката (ГОСТ 16523)

Группа прочности	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_4, %, не менее				Изгиб до параллельности сторон (l – толщина образца, d – диаметр оправки)	
		Горячекатаный прокат		Холоднокатаный прокат			
		до 2 мм включ.	св. 2 мм	до 2 мм включ.	св. 2 мм	до 2 мм включ.	св. 2 мм
К26ОВ	26О–38О (27–39)	25	28	26	29	d = О (без прокладки)	d = a
К27ОВ	27О–41О (28–42)	24	26	25	28		
ОК3ООВ	3ОО–48О (31–49)	21	23	24	26		
К31ОВ	31О–44О (32–45)	23	25	24	27		
К33ОВ	33О–46О (34–47)	23	24	24	25		
К35ОВ	35О–5ОО (36–51)	22	23	23	24		
ОК36ОВ	36О–53О (37–54)	2О	22	22	24	d = a	d = 2a
ОК37ОВ	37О–53О (38–54)	2О	22	22	24		
К39ОВ	39О–59О (4О–6О)	19	2О	2О	21		
ОК4ООВ	4ОО–68О (41–69)	17	19	19	21	–	–
К49ОВ	49О–72О (5О–73)	12	13	13	14		

Примечание. Допускается испытание на изгиб холоднокатаного и горячекатаного проката групп прочности К26ОВ, К27ОВ, ОК3ООВ, К31ОВ, К35ОВ и ОК36ОВ у изготовителя не проводить (кроме изготовления проката с учетом требований, изложенных в 4.1.5–4.1.7 (ГОСТ 16523).

Таблица 4.12

Группы прочности проката из углеродистой качественной стали

Группа прочности	Твердость HRB, не более
К26ОВ	6О
К27ОВ	65
К31ОВ	7О
К33ОВ	73
К35ОВ	77

Таблица 4.13

Группы прочности проката из углеродистой стали обыкновенного качества

Группа прочности	Предел текучести, Н/мм^2(кгс/мм^2), не менее
ОК3ООВ	215 (22)
ОК36ОВ	235 (24)
ОК4ООВ	255 (26)

ПРэМęРє ŕСЛОВ¢єХ О∁ОЎ¢АąęŕєэВ ПРОКАТА

Схема условного обозначения

П р и м е ч а н и е . При отсутствии указания какого-либо из параметров его выбирает предприятие-изготовитель..

jрокат толстолистовоɣ и широкоИолосныɣ из конструкщионноɣ качественноɣ стали (FOCT 1577)

Прокат изготовляют из стали марок О8кп, О8пс, О8, 1Окп, 1Опс, 1О, 15кп, 15пс, 15, 2Окп, 2Опс, 2О, 25, 3О, 35, 4О, 45, 5О, 55, 6О — по ГОСТ 1О5О; О8Ю — по ГОСТ 6О45; 15Г, 2ОГ, 3ОГ, 4ОГ, 5ОГ, 1ОГ2, 2ОХ, 3ОХ, 38ХА, 4ОХ, 45Х — по ГОСТ 4543; 65, 7О, 6ОГ, 65Г, 7ОГ — по ГОСТ 14959.

П р и м е ч а н и е . Из стали марки О8Ю изготовляют листовой прокат.

Твердость проката толщиной до 8О мм включительно без термической обработки или после контролируемой прокатки должна соответствовать нормам, указанным в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Твердость проката толстолистового из конструкционной качественной стали

Марка стали	Без термической обработки или после контролируемой прокатки		Нормализованный		Отожженный или высокоотпущенный	
	Диаметр отпечатка, мм, не менее	Твердость НВ, не более	Диаметр отпечатка, мм, не менее	Твердость НВ, не более	Диаметр отпечатка, мм, не менее	Твердость НВ, не более
О8кп, О8пс, О8, О8Ю	+	+	+	+	5,2	131
1Окп, 1Опс, 1О	+	+	+	+	5,1	137
15кп, 15пс, 15	+	+	+	+	5,О	143
2Окп, 2Опс, 2О	+	+	+	+	4,8	156
25	4,6	17О	4,6	17О	4,6	17О
3О	4,5	179	4,5	179	4,5	179
35	4,2	2О7	4,2	2О7	4,4	187
4О	4,1	217	4,1	217	4,4	187
45	4,О	229	4,О	229	4,3	197
5О	3,9	241	3,9	241	4,2	2О7
55	3,8	255	3,8	255	4,1	217
6О	3,8	255	3,8	255	4,О	229
65	3,8	255	3,8	255	4,О	229
7О	3,7	269	3,7	269	4,О	229
15Г	4,7	163	4,7	163	4,7	163
2ОГ	4,3	197	4,3	197	4,5	179
3ОГ	4,1	217	4,1	217	4,4	187
4ОГ	4,О	229	4,О	229	4,2	2О7
5ОГ	3,8	255	3,8	255	4,1	217
6ОГ	3,7	269	3,7	269	4,О	229
65Г	3,6	285	3,6	285	4,О	229
7ОГ	3,6	285	3,6	285	4,О	229
1ОГ2	+	+	+	+	4,3	197
35Г2	+	+	+	+	4,2	2О7
2ОХ	+	+	+	+	4,5	179
3ОХ	+	+	+	+	4,4	187
38ХА	+	+	+	+	4,2	2О7
4ОХ	+	+	+	+	4,1	217
45Х	+	+	+	+	4,О	229

Примечание. Знак «+» означает, что контроль твердости проводится для набора данных и результаты контроля заносятся в документ о качестве.

Прокат толщиной до 8О мм включительно с механическими свойствами в соответствии с требованиями, приведенными в табл. 4.15.

Таблица 4.15

Механические свойства проката толстолистового из конструкционной качественной стали

Марка стали	Толстолистовой прокат						Широкополосный нормализованный прокат или нормализованные заготовки			
	без термической обработки, после контролируемой прокатки или нормализованный отожженный или высокоотпущенный									
	Предел текучести $\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Предел текучести $\sigma_т$ Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Относительное сужение поперечного сечения ψ, %
	не менее									
О8кп, О8Ю	+	310 (32)	34	+	270 (28)	34	175 (18)	290 (30)	35	60
О8пс	+	310 (32)	32	+	270 (28)	32	175 (18)	290 (30)	35	60
О8	+	310 (32)	32	+	270 (28)	32	196 (20)	320 (33)	33	60
10кп	+	320 (33)	32	+	270 (28)	32	185 (19)	310 (32)	33	55
10пс	+	330 (34)	32	+	290 (30)	32	185 (19)	310 (32)	33	55
10	+	330 (34)	32	+	290 (30)	32	205 (21)	330 (34)	31	55
15кп	+	340 (35)	30	+	300 (31)	31	205 (21)	350 (36)	29	55
15пс	+	370 (38)	30	+	320 (33)	30	205 (21)	350 (36)	29	55
15	+	370 (38)	30	+	320 (33)	30	225 (23)	370 (38)	27	55
20кп	+	380 (39)	27	+	340 (35)	28	225 (23)	380 (39)	27	55
20пс	+	410 (42)	28	+	370 (38)	28	225 (23)	380 (39)	27	55
20	+	410 (42)	28	+	370 (38)	28	245 (25)	410 (42)	25	55
25	+	440 (45)	25	+	400 (41)	26	275 (28)	450 (46)	23	50
30	+	480 (49)	24	+	430 (44)	24	295 (30)	490 (50)	21	50
35	+	520 (53)	21	+	480 (49)	22	315 (32)	530 (54)	20	45
40	+	560 (57)	20	+	520 (53)	21	335 (34)	570 (58)	19	45
45	+	590 (60)	18	+	550 (56)	19	355 (36)	600 (61)	16	40
50	+	630 (64)	16	+	580 (59)	17	+	+	+	+
55	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
70	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15Г	+	420 (43)	28	+	380 (39)	29	+	+	+	+
20Г	+	440 (45)	27	+	400 (41)	28	+	+	+	+
30Г	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40Г	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50Г	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60Г	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
65Г	+	740 (75)	12	+	+	+	+	+	+	+
70Г	+	780 (80)	10	+	+	+	+	+	+	+
10Г2	+	440 (45)	28	+	400 (41)	29	+	+	+	+
35Г2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20Х	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30Х	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40Х	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45Х	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
38ХА	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечания. 1. Для стали марки О8Ю нормы распространяются только на толстолистовой прокат.

2. При толщине проката свыше 20 мм допускается понижение относительного удлинения на 0,25 % абс. на каждый миллиметр увеличения толщины проката, но не более чем на 2 % для проката толщиной до 32 мм включительно и на 3 % для проката толщиной более 32 мм.

3. Для отожженного проката из стали марок 35, 40, 45 и 50 допускается снижение временного сопротивления на 39 Н/мм^2 (4 кгс/мм^2).

4. Знак «+» означает, что характеристика контролируется для набора данных. Результаты контроля заносят в документ о качестве.

jрокат листовоу из стали Иовышенноу Ирочности (FОСТ 19281)

Прокат изготовляют классов прочности 265, 295, 315, 325, 345, 355, 375, 39О и 44О. По форме, размерам и предельным отклонениям листовой прокат должен соответствовать ГОСТ 199О3.

Марки стали для листового проката повышенной прочности приведены в табл. 4.16.

Таблица 4.16

Марки стали для листового, широкополосного универсального проката

Класс прочности	Толщина проката, поставляемого по данному классу прочности, мм	Марки стали, обеспечивающие данный класс прочности при различной толщине проката	Марки, обеспечивающие данный класс прочности при упрочняющей обработке
265	До 2О включ. Св. 2О « 16О «	Ст3сп О9Г2С, 16ГС	– –
295	До 2О включ. Св 2О « 32 « « 32 « 1ОО «	О9Г2 О9Г2С, О9Г2, 16ГС 1ОГ2С1	Ст3сп* – –
315	До 1О включ. От 1О « 2О « « 2О « 6О «	12ГС 16ГС 1ОГ2С1	Ст3сп* Ст3сп* О9Г2С*, 17Г1С*
325	До 1О От 1О « 2О включ. Св. 2О « 32 « « 32 « От 2О « 6О «	16ГС О9Г2С, 17ГС, 1ОГ2С1 15ГФ 14Г2 1ОГ2С1	Ст3сп* Ст3сп* – – 17Г1С*
345	До 1О От 1О « 2О включ. « 32 «	О9Г2С, 17ГС, 1ОХНДП, 1ОГ2С1, 14ХГС 15ГФ, 17Г1С 15ХСНД	Ст3сп* Ст3сп* 17Г1С*
355	До 5 « 1О От 1О « 2О включ.	1ОГ2С1 17Г1С 15ГФ	– – 17Г1С
375	До 1О От 1О « 32 « 32 « 5О включ.	15ГФ, 1ОГ2Б 14Г2АФ 14Г2АФ	– О9Г2С* 17Г1С**
39О	До 1О включ. « 32 « « 4О « « 5О « Св. 32 до 5О «	12Г2Б 15Г2АФДпс, 15Г2СФ 1ОХСНД 14Г2АФ 16Г2АФ	– 14Г2**, 1ОГ2С1** – – –
44О	До 32 включ.	16Г2АФ, 18Г2АФпс	–

* Регламентируемая или контролируемая прокатка или ускоренное охлаждение.
** Закалка плюс отпуск.

Механические свойства листового проката из сталей повышенной прочности приведены в табл. 4.17.

Таблица 4.17

Механические свойства листового, полосового, широкополосного универсального проката и гнутых профилей

Класс прочности	Толщина проката, поставляемого по данному классу прочности, мм, не более	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Изгиб до параллельности сторон (a — толщина образца, d — диаметр оправки)
		не менее			
265	16О	265 (27)	43О (44)	21	$d = 2a$
295	1ОО	295 (3О)	43О (44)		
315	6О	315 (32)	45О (46)		
325	6О	325 (33)	45О (46)		
345	32	345 (35)	49О (5О)		
355	2О	355 (36)	49О (5О)		
375	5О	375 (38)	51О (52)	2О	
39О	5О	39О (4О)	51О (52)	19	
44О	32	44О (45)	59О (6О)		

П р и м е ч а н и е . При заказе проката класса прочности 265 из стали марки 16ГС временное сопротивление должно быть не менее 45О Н/мм^2 (46 кгс/мм^2); при заказе проката класса прочности 295 из стали марок стали О9Г2, О9Г2Д, толщиной до 2О мм предел текучести должен быть не менее 3О5 Н/мм^2 (31 кгс/мм^2), а временное сопротивление не менее 44О Н/мм^2 (45 кгс/мм^2); при заказе проката класса прочности 315 из стали марки 12ГС относительное удлинение должно быть не менее 26%; при заказе проката класса прочности 325 из стали марки О9Г2С толщиной св. 1О до 2О мм временное сопротивление должно быть не менее 47О Н/мм^2 (48 кгс/мм^2); при заказе проката класса прочности 345 из стали марок 17ГС и 17Г1С относительное удлинение должно быть не менее 23%.

При заказе проката класса прочности 345 из стали марки 1ОХНДП временное сопротивление должно быть не менее 47О Н/мм^2 (48 кгс/мм^2), а относительное удлинение — не менее 2О%.

В зависимости от требований к испытаниям на ударный изгиб прокат изготовляют по категориям, указанным в табл. 4.18. Нормы ударной вязкости приведены в табл. 4.19.

Таблица 4.18

Нормируемая характеристика	Категория														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1О	11	12	13	14	15
Ударная вязкость KCU при +2О °С	+									+					
Ударная вязкость после механического старения		+								+	+	+	+	+	+
Ударная вязкость KCU при –2О °С			+								+				
–4О °С				+								+			
–5О °С					+								+		
–6О °С						+								+	
–7О °С							+								+
Ударная вязкость KCV при О °С								+							
–2О °С									+						

П р и м е ч а н и я : 1. При заказе проката категории, предусматривающей испытание на образцах с концентратором напряжения вида V, потребитель может одновременно указать дополнительное требование к прокату в соответствии с одной из категорий, предусматривающей испытание на образцах с концентратором напряжения вида U.

2. Сортовой прокат по категориям 5–7 и 13–15 не изготовляют. Фасонные профили по категориям 5–7 и 13–15 изготовляют толщиной до 11 мм включительно.

Таблица 4.19

Ударная вязкость толстолистового и широкополосного универсального проката

Класс прочности	Толщина проката, мм	Ударная вязкость KCU, Дж/см² (кгс·м/см²), при температуре, °С			Ударная вязкость KCV, Дж/см² (кгс·м/см²), при температуре, °С		Ударная вязкость KCU, Дж/см² (кгс·м/см²), после механического старения при температуре, °С
		+20	-40	-70	0	-20	+20
		не менее					
265	До 5	-	-	-	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	79 (8,0)	-	-	-	-	
	“ 10 “ 20 “	69 (7,0)	-	-	-	-	
	Св. 20 “ 160 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
295	До 5	-	-	-	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	-	34 (3,5)	-	-	-	
	Св. 10 “ 20 “	-	29 (3,0)	-	-	-	
	“ 20 “ 32 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
	“ 32 “ 60 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
	“ 60 “ 100 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
315	До 5	-	-	-	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	-	-	-	-	-	
	Св. 10 “ 20 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
	“ 20 “ 32 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
	“ 32 “ 60 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
325	До 5	59 (6,0)	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	59 (6,0)	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	
	Св. 10 “ 20 “	59 (6,0)	34 (3,5)	29 (3,0)	-	-	
	“ 20 “ 32 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
	“ 32 “ 60 “	59 (6,0)	29 (3,0)	24 (2,5)	-	-	
345	До 5	64 (6,5)	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ включ.	64 (6,5)	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	
	Св. 10 “ 20 “	-	29 (3,0)	29 (3,0)	40 (4,0)	40 (4,0)	
	“ 20 “ 32 “	-	29 (3,0)	29 (3,0)	40 (4,0)	40 (4,0)	
355	До 5	-	-	-	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	-	-	-	-	-	
	Св. 10 “ 20 “	-	29 (3,0)	-	-	-	
375	До 5	-	39 (4,0)	34 (3,5)	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	-	39 (4,0)	34 (3,5)	-	-	
	Св. 10 “ 20 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	
	“ 20 “ 32 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	
	“ 32 “ 50 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	
390	До 5	-	44 (4,5)	34 (3,5)	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	-	44 (4,5)	34 (3,5)	-	-	
	Св. 10 “ 15 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	40 (4,0)	-	
	“ 15 “ 32 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	40 (4,0)	40 (4,0)	
	“ 32 “ 50 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	40 (4,0)	40 (4,0)	
440	До 5	-	44 (4,5)	34 (3,5)	-	-	29 (3,0)
	От 5 “ 10 включ.	-	44 (4,5)	34 (3,5)	-	-	
	Св. 10 “ 20 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	
	“ 20 “ 32 “	-	39 (4,0)	29 (3,0)	-	-	

Примечания: 1. Значения ударной вязкости KCU для категории заказа 3 должны быть не менее норм, установленных для категории заказа 4. Значения ударной вязкости KCU для категории заказа 5 и 6 должны быть не ниже норм, установленных для категории заказа 7.

2. Для проката класса прочности 265 из стали марки 09Г2С ударная вязкость KCU при температуре испытания минус 40 °С должна быть не менее 34 Дж/см² (3,5 кгс·м/см²), при температуре испытания минус 70 °С — не менее 29 Дж/см² (3,0 кгс·м/см²).

3. Для проката класса прочности 295 из стали марок 09Г2, 09Г2Д для толщин от 20 до 32 мм включ. значение ударной вязкости KCU должно быть не менее 39 Дж/см² (4,0 кгс·м/см²) при температуре испытания минус 40 °С.

4. Для проката класса прочности 325 из стали марки 14Г2 для толщин от 5 до 20 мм значение ударной вязкости KCU при температуре испытания минус 40 °С уменьшается на 5 Дж/см² (0,5 кгс·м/см²).

5. Для проката класса прочности 345 толщиной от 5 до 10 мм включ. из марки стали 17ГС значение ударной вязкости KCU при температуре испытания минус 40 °С должно быть не менее 44 Дж/см² (4,5 кгс·м/см²), из стали марки 09Г2С при температуре испытания минус 70 °С не менее 34 Дж/см² (3,5 кгс·м/см²).

Пример условного обозначения

Прокат листовой горячекатаный, нормальной прочности прокатки (Б), нормальной плоскостности (ПН) с необрезанной кромкой (НО) размерами 16×1200×6000 мм по ГОСТ 19903, класс прочности 325 из стали марки 16ГС, с гарантией свариваемости, 12 категории:

$$\text{Лист}\ \frac{\text{Б-ПН-НО-16}\$1200\$6000\ \text{ГОСТ 19903}}{\text{325-16ГС-св-12 ГОСТ 19281}}.$$

Јрокат тонколистовоҮ коррозионно-стоҮкиҮ, ҒаростоҮкиҮ и ҒароИрочныҮ (ГОСТ5582)

Прокат изготовляют следующих марок: 11Х11Н2В2МФ, 16Х11Н2В2МФ, 2ОХ13, 3ОХ13, 4ОХ13, О9Х16Н4Б, 12Х13, 14Х17Н2, О8Х13, 12Х17, О8Х17Т, О8Х18Тч, О8Х18Т1, 15Х25Т, 15Х28, 2ОХ13Н4Г9, О9Х15Н8Ю, О7Х16Н6, О8Х17Н5М3, 2ОХ2ОН14С2, О8Х22Н6Т, 12Х21Н5Т, О8Х21Н6М2Т, 2ОХ23Н13, 15Х18Н12С4ТЮ, 1ОХ11Н2ОТ2Р, 1ОХ13Г18Д, 1ОХ14Г14Н4Т, 1ОХ14АГ15, 12Х17Г9АН4, О3Х17Н14М3 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, 12Х18Н9, 17Х18Н9, О8Х18Н1О, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОЕ, О3Х18Н11, О3Х18Н12-ВИ, О8Х18Н12Т, О8Х18Н12Б, О3Х21Н21М4ГБ, 2ОХ23Н18, 2ОХ25Н2ОС2, 12Х25Н16Г7АР, О6ХН28МТ, О6ХН28МДТ.

Прокат подразделяют:

а) по состоянию материала и качеству поверхности на:
- холоднокатаный нагартованный — Н1,
- холоднокатаный полунагартованный — ПН1,
- холоднокатаный термически обработанный (мягкий), травленый или после светлого отжига — М2а, М3а, М4а,
- холоднокатаный термически обработанный (мягкий) — М4в,
- горячекатаный термически обработанный (мягкий), травленый или после светлого отжига — М2б, М3б, М4б,
- горячекатаный, термически обработанный (мягкий) — М4г;

б) по точности прокатки на:
- повышенной точности — АТ (холоднокатаный), А (горячекатаный),
- нормальной точности — БТ (холоднокатаный), Б (горячекатаный);

в) по виду кромок на:
- необрезной — НО,
- обрезной — О;

г) по неплоскостности проката с временным сопротивлением разрыву 69О Н/мм^2 (7О кгс/мм^2) и менее:
- нормальный — ПН,
- улучшенный — ПУ,
- высокий — ПВ,
- особовысокий — ПО.

Горячекатаный тонколистовой прокат изготовляют толщиной от 1,5 до 3,9 мм, холоднокатаный — толщиной от О,7 до 3,9 мм.

Механические свойства тонколистового коррозионно-стойкого, жаростойкого и жаропрчного проката приведены в табл. 4.2О.

Таблица 4.20

Механические свойства тонколистового коррозионно-стойкого, жаростойкого и жаропрочного проката

Марка стали	Режим термической обработки листов (рекомендуемый)	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение, δ_5, %
		не менее		
11Х11Н2В2МФ	Отжиг 76О–78О °С	Не более 83О (85)	–	22
16Х11Н2В2МФ	Отжиг 76О–78О °С	Не более 83О (85)	–	22
2ОХ13	Отжиг или отпуск 74О–8ОО °С	49О (5О)	–	2О
3ОХ13	Отжиг или отпуск 74О–8ОО °С	54О (55)	–	17
4ОХ13	Отжиг или отпуск 74О–8ОО °С	55О (56)	–	15
О9Х16Н4Б	Отжиг 62О–64О °С, выдержка 4–8 ч, охлаждение с печью до 2ОО–3ОО °С, далее на воздухе	Не более 113О (115)	–	–
12Х13	Отжиг или отпуск 74О–78О °С	44О (45)	–	21
14Х17Н2	Отжиг или отпуск 65О–7ОО °С	По согласованию		
О8Х13	Отжиг или отпуск 74О–78О °С	41О (42)	–	21
12Х17	Отжиг или отпуск 74О–78О °С	49О (5О)	–	2О
О8Х17Т	Отжиг или отпуск 74О–78О °С	46О (47)	–	2О
	Отжиг 83О– 86О °С, охлаждение на воздухе или нормализация при 96О–1ООО °С, охлаждение на воздухе или в воде	46О (47)	–	3О
О8Х18Тч	Закалка 92О °С, охлаждение в воде	47О (48)	–	35
О8Х18Т1	Отжиг 83О–86О °С, охлаждение на воздухе или нормализация 96О–1ООО °С, охлаждение на воздухе или в воде	46О (47)	–	3О
15Х25Т	Отжиг или отпуск 74О–78О °С	53О (54)	–	17
2ОХ13Н4Г9	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	64О (65)	–	4О
15Х28	Отжиг или отпуск 74О–78О °С	53О (54)	–	17
О9Х15Н8Ю	Нормализация 1О4О–1О8О °С	Не более 1О8О (11О)	–	2О
О7Х16Н6	Закалка 1О3О–1О7О °С, охлаждение в воде или на воздухе	Не более 118О (12О)	–	2О

Продолжение табл. 4.2О

Марка стали	Режим термической обработки листов (рекомендуемый)	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение, δ_5, %
		не менее		
О8Х17Н5М3	Закалка 1О3О–1О8О °С, охлаждение на воздухе или в воде	Не более 118О (12О)	61О (62)	2О
2ОХ2ОН14С2	Закалка 1ООО–1О8О °С, охлаждение на воздухе или в воде	59О (6О)	–	4О
О8Х22Н6Т	Закалка 95О–1О5О °С, охлаждение в воде или на воздухе	64О (65)	–	2О
12Х21Н5Т	Закалка 1ООО–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	69О (7О)	44О (45)	18
О8Х21Н6М2Т	Закалка 1ООО–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	59О (6О)	–	22
2ОХ23Н13	Закалка 11ОО–115О °С, охлаждение в воде или на воздухе	54О (55)	–	35
15Х18Н12С4ТЮ	Закалка 1О2О–1О5О °С, охлаждение в воде	72О (73)	345 (35)	3О
1ОХ11Н2ОТ2Р	Закалка 1О2О–1О6О °С, охлаждение в воде или на воздухе	Не более 74О (75)	–	35
1ОХ14Г14Н4Т	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде	69О (7О)	295 (3О)	35
1ОХ14АГ15	Закалка 95О–11ОО °С, охлаждение в воде	74О (75)	–	45
12Х17Г9АН4	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	69О (7О)	–	4О
О3Х17Н14М3	Закалка 1О3О–1О7О °С, охлаждение в воде или на воздухе	49О (5О)	196 (2О)	4О
1ОХ17Н13М2Т	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	225 (23)	38
1ОХ17Н13М3Т	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	–	38
О8Х17Н15М3Т	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	2О5 (21)	35
12Х18Н9	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	54О (55)	195 (2О)	38
17Х18Н9	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	59О (6О)	185 (19)	35
О8Х18Н1О	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	2О5 (21)	45
О8Х18Н1ОТ	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	–	4О
12Х18Н1ОТ	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	2О5 (21)	4О
12Х18Н1ОЕ	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	Не более 74О(75)	–	35
О3Х18Н11	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	49О (5О)	196 (2О)	4О
О3Х18Н12-ВИ	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	39О (4О)	–	4О
О8Х18Н12Т	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	–	35
О8Х18Н12Б	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	–	4О
О3Х21Н21М4ГБ	Закалка 1О8О–113О °С, охлаждение в воде или на воздухе	54О (55)	245 (25)	25
2ОХ23Н18	Закалка 1О8О–115О °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	245 (25)	35
2ОХ25Н2ОС2	Закалка 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе	49О (5О)	–	35
12Х25Н16Г7АР	Закалка 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе	Не более 98О(1ОО)	–	35

Продолжение табл. 4.2О

Марка стали	Режим термической обработки листов (рекомендуемый)	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение, δ_5, %
		не менее		
О6ХН28МТ	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде, или на воздухе	54О (55)	–	35
О6ХН28МДТ	Закалка 1О5О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	54О (55)	–	35

* Относительное удлинение d_{25}.
** Относительное удлинение $d_{1О}$.

П р и м е ч а н и я : 1. В таблице указаны рекомендуемые режим и вид термической обработки на заводе-изготовителе.

2. По согласованию потребителя с изготовителем допускается изменение режима и вида термической обработки.

3. Для горячекатаного проката из стали марок 2ОХ13, 3ОХ13, 4ОХ13, О8Х17Т, 12Х13, 14Х17Н2, О8Х13, 12Х17, О8Х18Т1, 15Х25Т, 15Х28 допускается не производить термическую обработку при получении механических свойств, указанных в табл. 4.2О.

По согласованию изготовителя с потребителем прокат стали марок О8Х18Т1, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х18Н1ОТ, 2ОХ23Н18 изготовляют с повышенными значениями механических свойств, указанных в табл. 4.21.

Таблица 4.21

Прокат с повышенными значениями механических свойств

Марка стали	Режим термической обработки листов (рекомендуемый)	Временное сопротивление $\sigma_в$, н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %
		не менее		
О8Х18Т1	Отжиг 83О-86О °С, охлаждение на воздухе или нормализация 96О-1ООО °С, охлаждение на воздухе или в воде	49О (5О)	–	32
1ОХ17Н13М2Т	Закалка 1О5О-1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	55О (56)	–	4О
1ОХ17Н13М3Т	Закалка 1О5О-1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	55О (56)	–	4О
О8Х18Н1ОТ	Закалка 1О5О-1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	55О (56)	216 (22)	42
12Х18Н1ОТ	Закалка 1О5О-1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	55О (56)	216 (22)	42
2ОХ23Н18	Закалка 1О8О-115О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	–	37

Механические свойства нагартованного и полунагартованного проката должны соответствовать нормам, указанным в табл. 4.22.

Таблица 4.22

Механические свойства нагартованного и полунагартованного проката

Марка стали	Состояние поставки	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %
		Не менее		
2ОХ13Н4Г9	Нагартованное	Не менее 98О (1ОО)	–	15
15Х18Н12С4ТЮ	Нагартованное	Не менее 88О (9О)	685 (7О)	1О
12Х17Г9АН4	Нагартованное	Не менее 98О (1ОО)	–	15
12Х18Н9	Нагартованное	93О–123О (95–125)	–	13
17Х18Н9	Нагартованное	98О–123О (1ОО–125)	–	13
17Х18Н9	Полунагартованное	74О–98О (75–1ОО)	–	18
О8Х18Н1О	Полунагартованное	74О–93О (75–95)	–	25
О8Х18Н1О	Нагартованное	Не менее 93О (95)	–	1О
12Х18Н1ОТ	Полунагартованное	Не менее 74О (75)	–	25
12Х18Н1ОТ	Нагартованное	88О–1О8О (9О–1ОО)	–	1О
О3Х18Н12-ВИ	Полунагартованное	Не менее 74О (75)	–	12
Примечание. 1. По согласованию потребителя с изготовителем для обеспечения указанных в табл. 4.22 свойств допускается применять термическую обработку.				

Пример условного обозначения:

Прокат холоднокатаный листовой, повышенной прочности: по толщине (АТ), ширине (АШ), длине (АД), нормальной плоскостности (ПН), с обрезной кромкой (О), размером 2×1ООО×2ООО мм по ГОСТ 199О4, из стали марки 12Х18Н1ОТ, нагартованный:

$$Лист\ \frac{АТ\text{-}АШ\text{-}АД\text{-}ПН\text{-}О\text{-}2\#1000\#2000\ ГОСТ\ 19904}{12Х18Н10Т\text{-}Н1\ ГОСТ\ 5582}.$$

Сталь толстолистовая коррозионно-стоyкая, ƒаростоyкая и ƒароИрочная (ГОСТ 7350)

Толстолистовую сталь изготовляют следующих марок: 2ОХ13, О9Х16Н4Б, 12Х13, 14Х17Н2, О8Х13, 12Х17, О8Х17Т, 15Х25Т, О7Х16Н6, О9Х17Н7Ю, О3Х18Н11, О3Х17Н14М3, О8Х22Н6Т, 12Х21Н5Т, О8Х21Н6М2Т, 2ОХ23Н13, О8Х18Г8Н2Т, 15Х18Н12С4ТЮ, 1ОХ14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4, О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н-13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, 12Х18Н9, 17Х18Н9, 12Х18Н9Т, О4Х18Н1О, О8Х18Н1О, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Т, 12Х18Н12Т, О8Х18Н12Б, О3Х21Н21М4ГБ, О3Х22Н6М2, О3Х23Н6, 2ОХ23Н18, 12Х25Н16Г7АР, О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, 15Х5М.

Сталь подразделяют:

а) по состоянию материала и качеству поверхности на группы:

– холоднокатаная нагартованная — Н1,
– холоднокатаная полунагартованная — ПН1,
– холоднокатаная, термически обработанная, травленая или после светлого отжига — М2а, М3а, М4а, М5а,
– холоднокатаная термически обработанная — М5в,
– горячекатаная термически обработанная,
– травленая или после светлого отжига — М2б, М3б, М4б, М5б,
– горячекатаная термически обработанная нетравленая — М5г,
– горячекатаная без термической обработки и нетравленая — М5д;

б) по точности прокатки:

– повышенной точности — А,
– нормальной точности — Б;

в) по виду кромок на:

– обрезную — О;
– необрезную — НО;

г) по отклонению по плоскостности листов с временным сопротивлением 69О Н/мм^2 (7О кгс/мм^2) и менее на:

– особо высокую плоскостность — ПО; высокую плоскостность — ПВ,
– улучшенную плоскостность — ПУ,
– нормальную плоскостность — ПН.

Горячекатаную толстолистовую сталь изготовляют толщиной от 4 до 5О мм, холоднокатаную — от 4 до 5 мм.

Форма, размеры и предельные отклонения по размерам толстолистовой стали должны соответствовать требованиям:

– для горячекатаной — ГОСТ 199О3,
– для холоднокатаной — ГОСТ 199О4.

Горячекатаные листы толщиной более 2О мм с обрезной кромкой изготовляют по соглашению изготовителя с потребителем.

Горячекатаные листы повышенной точности прокатки А изготовляют по требованию потребителя.

Механические свойства термически обработанных листов должны соответствовать нормам, указанным в табл. 4.23.

Таблица 4.23

Механические свойства листовой стали

Марка стали	Режим термической обработки	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2(кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
		не менее			
15Х5М	Отжиг при 840–870°, охлаждение на воздухе	470 (48)	235 (24)	18	–
20Х13	Нормализация или закалка при 1000–1050 °С, охлаждение на воздухе, отпуск при 680–780 °С, охлаждение с печью или на воздухе	510 (52)	375 (38)	20	
	Отжиг по режиму изготовителя	Не более 750 (76)			
14Х17112*	Отжиг или отпуск при 650–700 °С	По согласованию изготовителя с потребителем			
09Х16Н4Б	Отжиг по режиму изготовителя	не более 1030 (105)	–	13	–
12Х13	Закалка при 960–1020 °С, охлаждение на воздухе, отпуск при 680–780 °С, охлаждение на воздухе или с печью	490 (50)	345 (35)	21	–
	Отжиг по режиму изготовителя	Не более 650 (66)	250 (25)	15	–
08Х13	Закалка при 960–1020 °С, охлаждение в воде или на воздухе, отпуск при 680–780 °С, охлаждение на воздухе или с печью	420 (43)	295 (30)	23	–
	Отжиг по режиму изготовителя	Не более 650 (66)	250 (25)	15	–
12Х17*	Отжиг или отпуск при 760–780 °С, охлаждение на воздухе или с печью	440 (45)	–	18	–
08Х17Т*	Отжиг или отпуск при 760–780 °С, охлаждение на воздухе	440 (45)	–	18	–
15Х2Т*	Отжиг или отпуск при 740–780 °С, охлаждение в воде	440 (45)	–	14	20 (2)
08Х22Н6Т	Закалка при 1000–1050 °С, охлаждение в воде	590 (60)	345 (35)	18	59 (6)
03Х23Н6	Закалка 1030–1050 °С, охлаждение в воде	590 (60)	345 (35)	25	–
12Х21Н5Т*	Закалка при 950–1050 °С, охлаждение в воде или на воздухе	690 (70)	390 (40)	14	–
08Х21Н6М2Т	Закалка при 1050±25 °С, охлаждение в воде	590 (60)	345 (35)	20	59 (6)
03Х22Н6М2	Закалка при 1030–1050 °С, охлаждение в воде	590 (60)	345 (35)	25	–
20Х23Н13*	Закалка при 1030–1120 °С, охлаждение в воде	570 (58)	–	35	–
10Х14Г14Н4Т	Закалка при 1050–1080 °С, охлаждение в воде или на воздухе	590 (60)	245 (25)	40	–
12Х17Г9АН4*	Закалка при 1030–1100 °С, охлаждение в воде	690 (70)	345 (35)	40	–

Продолжение табл. 4.23

Марка стали	Режим термической обработки	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
		не менее			
1ОХ17Н13М2Т	Закалка при 1О3О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	235 (24)	37	–
О8Х17Н13М2Т	Закалка при 1О3О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	196 (2О)	4О	–
1ОХ17Н13М3Т	Закалка при 1О3О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	235 (24)	37	–
О8Х17Н15М3Т*	Закалка при 1О3О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	196 (2О)	4О	–
17Х18Н9	Закалка при 1О8О–112О °С, охлаждение в воде	59О (6О)	265 (27)	35	–
12Х18Н9	Закалка при 1О5О–112О °С, охлаждение в воде или под водяным душем	53О (54)	215 (22)	38	–
12Х18Н9Т	Закалка при 1О3О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	215 (22)	38	–
О8Х18Н1О	Закалка при 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	2О5 (21)	43	–
О4Х18Н1О	Закалка при 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе	49О (5О)	175 (18)	45	–
12Х18Н1ОТ	Закалка при 1ООО–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	235 (24)	38	–
О8Х18Н1ОТ	Закалка при 1ООО–1О8О °С, охлаждение в воде или ни воздухе	51О (52)	2О5 (21)	43	–
12Х18Н12Т	Закалка при 1О3О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	53О (54)	235 (24)	38	–
О8Х18Н12Т	Закалка при 1О3О–1О8О °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	2О5 (21)	43	–
О8Х18Н12Б	Закалка при 1ООО–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе	51О (52)	2О5 (21)	4О	–
2ОХ23Н18	Закалка при 1О3О–113О °С, охлаждение в воде	54О (55)	265 (27)	35	–
О3Х28МДТ*	Закалка при 1О4О–1О8О °С, охлаждение в воде	54О (55)	215 (22)	35	–
12Х25Н16Г7АР*	Закалка при 1О5О–115О °С, охлаждение в воде или на воздухе	74О (75)	39О (4О)	5О	–
15Х18Н12С4ТЮ*	Закалка при 1О2О–1О5О °С, охлаждение в воде или на воздухе	69О–93О (7О–95)	345 (35)	3О	–
О7Х16Н6	Нормализация при (1О4О±1О) °С, охлаждение на воздухе	не более 118О (12О)	не более 39О (4О)	15	–
О3Х21Н21М4ГБ*	Закалка при 1О6О–112О °С, охлаждение в воде или под водяным душем	59О (6О)	295 (3О)	3О	–
О8Х18Г8Н2Т	Закалка при 98О–1О2О °С, охлаждение в воде или под водяным душем	59О (6О)	345 (35)	2О	59 (6)
О9Х17Н7Ю	Закалка при 1О3О–1О7О °С, охлаждение на воздухе, двукратный первый отпуск при 74О–76О °С, охлаждение на воздухе или в воде, второй отпуск при 58О–68О °С, охлаждение на воздухе	83О (85)	не более 735 (75)	12	49 (5)

Продолжение табл. 4.23

Марка стали	Режим термической обработки	Временное сопротивление σ_B, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
		не менее			
О6ХН28МДТ	Закалка 95О–1О8О °С, охлаждение в воде	54О (55)	215 (22)	35	–
О3Х18Н11	Закалка при 1О8О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе	49О (5О)	196 (2О)	4О	–
О3Х17Н14М3	Закалка при 1О8О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе	49О (5О)	196 (2О)	4О	–

* Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, определение механических свойств обязательно.

П р и м е ч а н и е . Отжиг листов из стали марок 2ОХ13, 12Х13, О8Х13 проводят по требованию потребителя. Определение механических свойств обязательно для набора данных.

Механические свойства листов, определенные на контрольных термически обработанных образцах, должны соответствовать нормам, указанным в табл. 4.24.

Таблица 4.24

Механические свойства листов на контрольных образцах

Марка стали	Режим термической обработки образцов	Временное сопротивление σ_B, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
		не менее			
14Х17Н2	Закалка при 96О–1О5О °С, охлаждение в воде или на воздухе, отпуск при 275–35О °С, охлаждение на воздухе	1О8О (11О)	885 (9О)	1О	–
О9Х16Н4Б	Закалка при 95О–98О °С, охлаждение на воздухе, отпуск при 3ОО–35О °С, охлаждение на воздухе	123О (125)	98О (1ОО)	8	–
О7Х16Н6	Нормализация при (975±1О) °С, обработка холодом при –7О °С 2 ч., отпуск при (425±1О) °С 1 ч, охлаждение на воздухе	1О8О (11О)	835 (85)	1О	–

П р и м е ч а н и е . По соглашению изготовителя с потребителем допускается изменение режима термической обработки с соответствующим изменением норм механических свойств.

Механические свойства нагартованных и полунагартованных листов не нормируют, но определяют обязательно. Нормы устанавливают по соглашению изготовителя с потребителем

По виду и качеству поверхности листы должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 4.24.

Таблица 4.25

Виды и качество поверхности листов

Группа поверхности	Условное обозначение группы	Состояние материала	Характеристика поверхности	Наименование допускаемых дефектов поверхности	Максимальная глубина залегания дефектов
1	Н1 ПН1	Нагартованные (Н) и полунагартованные (ПН)	Блестящая, без пузырей-вздутий, раскатанных пузырей, плен, рябизны, перетрава, с незначительной разницей оттенков	Царапины, забоины, отпечатки, риски, раскатанные отпечатки	1/2 суммы предельных отклонений по толщине
2	М2а	а) Холоднокатаные, термически обработанные, травленые или после светлого отжига	Серебристо-матовая или блестящая, без пузырей-вздутий, раскатанных пузырей, плен, трещин, окалины и перетрава	Рябизна, царапины, забоины, отпечатки, риски, раскатанные отпечатки	Глубина, не выводящая лист за предельные отклонения
	М2б	б) Горячекатаные, термически обработанные, травленые или после светлого отжига		То же и раковины	
3	М3а	а) Холоднокатаные, термически обработанные или после отжига		Рябизна, царапины, отпечатки, забоины, риски, раскатанные отпечатки	1/2 суммы предельных отклонений по толщине
	М3б	б) Горячекатаные, термически обработанные, травленые или после светлого отжига		То же и раковины	
4	М4а	а) Холоднокатаные, термически обработанные, травленые или после светлого отжига		Рябизна, царапины, отпечатки, забоины, риски, раскатанные отпечатки	Сумма предельных отклонений по толщине
	М4б	б) Горячекатаные, термически обработанные, травленые или после светлого отжига		То же и раковины	
5	М5а	а) Горячекатаные, термически обработанные, травленые или после светлого отжига	Матовая с серым оттенком или блестящая, без пузырей-вздутий, раскатанных пузырей, трещин, окалины и перетрава	Рябизна, царапины, отпечатки, забоины, риски, мелкие прокатные плены, раскатанные отпечатки	Сумма предельных отклонений по толщине
	М5б	б) Горячекатаные, термически обработанные, травленые или после светлого отжига		То же и раковины	
	М5в	в) Холоднокатаные, термически обработанные	Темная	Рябизна, царапины, отпечатки, забоины, риски, мелкие прокатные плены, раскатанные отпечатки, окалины	
	М5г	г) Горячекатаные, термически обработанные		Рябизна, царапины, отпечатки, забоины, риски, мелкие прокатные плены, раковины, раскатанные отпечатки, окалина	
	5д	д) Горячекатаные, термически необработанные и нетравленые			

Примечания: 1. Требования к качеству поверхности термически обработанной стали по количеству и характеру дефектов могут уточняться по соглашению сторон по эталонам.

2. Допускается местная пологая зачистка поверхности, при этом глубина зачистки не должна превышать норм глубины залегания допускаемых дефектов. Поджоги от зачистки не допускаются.

3. По требованию потребителя листы изготовляют без зачистки и вырезки недопустимых дефектов.

4. Цвета побежалости и различные оттенки от травления на холоднокатаных и горячекатаных термически обработанных листах, травленых или после светлого отжига, не являются браковочным признаком.

5. Заварка дефектов на листах допускается по соглашению с потребителем.

Пример условного обозначения:

Сталь холоднокатаная, термически обработанная, травленая, толстолистовая, марки 12Х18Н1ОТ, М2а груп- пы поверхности, повышенной точности прокатки, с обрезной кромкой, улучшенной плоскостности, размером 5×125О×25ОО мм:

$$Лист\ \frac{А-О-ПУ-5\times1250\times2500\ \text{ГОСТ}\ 19904}{12Х18Н10Т-М2а\ ГОСТ\ 7350}.$$

То же, горячекатанная, термически обработанная, травленая, толстолистовая, марка 2О×13, М3б группы поверхности, с необрезанной кромкой, нормальной плоскостности, размером 4О×14ОО×3ООО мм:

$$Лист\ \frac{НО-ПН-40\times1400\times3000\ \text{ГОСТ}\ 19903\text{-}74}{20Х13-М2а\ ГОСТ\ 7350-77}.$$

Оцинкованный прокат ГОСТ 14918 подразделяют по типу покрытия следующим образом:

– прокат с цинковым покрытием (Ц);

– прокат с железоцинковым покрытием (ЖЦ);

– прокат с цинкалюминиевым покрытием (ЦА);

– прокат с цинкалюмомагниевым покрытием (ЦАМ);

– прокат с алюмоцинковым покрытием (АЦ).

Оцинкованный прокат изготовляют толщиной от 0,22 до 4,50 мм в рулонах шириной от 600 до 1800 мм, в листах шириной от 700 до 1800 мм. Толщина проката включает толщину покрытия.

Оцинкованную ленту изготовляют толщиной от 0,22 до 4,50 мм, шириной менее 600, но не менее 30 мм продольной резкой (роспуском) рулонов оцинкованного проката.

Внутренний диаметр рулонов должен быть:

– оцинкованного проката - 500, 508, 600, 610, 750 мм;

– ленты — от 300 до 750 мм.

4.1.k. Сортовоň и фасонныň мрокат

Сортовая сталь в виде полос, круга, квадрата и фасонных профилей (угловая, коробчатая, двухтавровая и др.) применяется для изготовления фланцев, муфт, пробок, различных внутренних устройств, опорных балок и других деталей аппаратов.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний сортовой стали и сплавов в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 4.2.6, а механические свойства в табл. 4.2.7.

При заказе сортовой углеродистой стали обыкновенного качества должны оговариваться степень раскисления и категория стали.

При заказе сортовых коррозионностойких сталей необходимо оговаривать поставку их в термообработанном состоянии и проверку на стойкость против межкристаллитной коррозии.

Для изготовления аппаратов применяется сортовая горячекатаная сталь, поставляемая в виде полос по сортаменту ГОСТ 103 шириной 11—200 мм, толщиной 4—60 мм; кругов по сортаменту ГОСТ 2590 диаметром 5—250 мм; квадратов по сортаменту ГОСТ 2591 размером 5—200 мм; шестигранников по сортаменту ГОСТ 2879 размером 8 – 100 мм; уголков равнобоких по сортаменту ГОСТ 8509 с номерами профиля 2—25; уголков неравнобоких по сортаменту ГОСТ 8510 с номерами профиля 2,5/1,6 — 25/16; швеллеров по сортаменту ГОСТ 8240 (с уклоном внутренних граней и с параллельными гранями полок) с номерами профиля 5 — 40; двутавров по сортаменту ГОСТ 8239 с номерами профиля 10—60.

Материалом полос, кругов, квадратов и шестигранников являются стали марок: углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 380; углеродистая качественная по ГОСТ 1050; низколегированная по ГОСТ 19281; теплоустойчивая по ГОСТ 20072; коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная по ГОСТ 5949.

Материалом уголков, швеллеров и двутавров служат стали углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 380 и низколегированная по ГОСТ 19281.

Таблица 4.26

Материалы для сортового и ôасонного проката (ГОСТ 34347)

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Ст3пс, Ст3сп по ГОСТ 380	ГОСТ 535, категория 4	От –20 до 200	5	ГОСТ 535	7
	ГОСТ 535, категория 3	От 0 до 200			
	ГОСТ 535, категория 5	От –20 до 425			
10, 15, 20 по ГОСТ 1050	ГОСТ 1050	От –20 до 425	Не ограничено	ГОСТ 1050	8
09Г2С, 09Г2 по ГОСТ 19281	ГОСТ 19281, категория 1	От –30 до 200		ГОСТ 19281	2
	ГОСТ 19281, категория 3	От –40 до 200			
	ГОСТ 19281, категория 4	От –50 до 200			
	ГОСТ 19281, категория 5	От –60 до 200			
	ГОСТ 19281, категория 6	От –70 до 200			
	ГОСТ 19281, категория 12	От –40 до 475			
	ГОСТ 19281, категория 15	От –70 до 475			
10Г2 по ГОСТ 1050	ГОСТ 1050	От –70 до 475		ГОСТ 1050	5
15Х5М по ГОСТ 20072	ГОСТ 20072	От –40 до 650		ГОСТ 20072	–

1О895 по ГОСТ 11О36	ГОСТ 11О36	От –6О до 475		ГОСТ 11О36	9

Продолжение табл. 4.26.

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
1ОХ14Г14Н4Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 5949	От –196 до 5ОО	Не ограничено	ГОСТ 5949	1
О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632		От –4О до 3ОО			
12Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632		От –253 до 61О			4
		Св. 61О до 7ОО	5		
О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б по ГОСТ 5632		От –253 до 61О	Не ограничено		1
		Св. 61О до 7ОО	5		
15Х18Н12С4ТЮ по ГОСТ 5632	ТУ 14-1-915	От –2О до 12О	2,5	ТУ 14-1-915	–
О2Х8Н22С6 по ТУ 14-1-3812	ТУ 14-1-3812	От –4О до 12О	–	ТУ 14-1-3812	
1ОХ17Н13М2Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 5949	От –253 до 7ОО	Не ограничено	ГОСТ 5949	1, 4
1ОХ17Н13М3Т по ГОСТ 5632		От –196 до 6ОО			
О8Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632		От –196 до 6ОО			1
О6ХН28МДТ по ГОСТ 5632		От –196 до 4ОО			-
О7Х16Н6-Ш по ТУ 14-1-166О	ТУ 14-1-166О	От –6О до 35О		ТУ 14-1-166О	
О8Х13 по ГОСТ 5632	ГОСТ 5949	От –4О до 55О	0,05	ГОСТ 5949	6
12Х13 по ГОСТ 5632		От –4О до 55О	Не ограничено		–
О3Х18Н11 по ГОСТ 5632; О3Х18Н11-ВИ по ТУ 14-1-116О	ТУ 14-1-116О	От –196 до 45О		ТУ 14-1-116О	–
О3Х17Н14М3 по ГОСТ 5632	ТУ 14-1-33О3	От –196 до 45О		ТУ 14-1-33О3	
О8Х17Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 5949	От О до 7ОО	–	ГОСТ 5949	3
15Х25Т, 15Х28 по ГОСТ 5632		От О до 9ОО			
15Х18Н12С4ТЮ по ГОСТ 5632	ТУ 14-1-561	От –2О до 2ОО	2,5	ТУ 14-1-561	–
О5ХН32Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-1-284	От –7О до 9ОО	Не ограничено	ТУ 14-1-284	

Приме чания.

1. Испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6О32 при условии требований в проекте.
2. Необходимо применять с обязательным выполнением требований ГОСТ 19281 [подпункты 5.2.1.1, 5.2.1.2, 5.2.1.4, 5.2.1.5, 5.2.1.6, пункты 5.2.2, Б.11(ГОСТ 34347).
3. Для изделий, не подлежащих сварке.
4. Для сред, не вызывающих межкристаллитную коррозию при температуре свыше 35О °С.
5. Сортовой прокат испытывается на ударный изгиб при температуре стенки ниже –3О °С. Ударная вязкость должна быть не менее 3О Дж/см2.
6. Для внутренних не подлежащих сварке деталей сосудов, работающих без давления, допускается применение сталей марок О8Х13, 12Х13 при температуре стенки от –6О °С до 55О °С.
7. Ограничения по толщине: для сталей категории 3 - не более 4О мм, категорий 4, 5 - не более 25 мм.
8. Дополнительное испытание на ударный изгиб при температуре –2О °С на заводе - изготовителе сосудов или их отдельных деталей.
9. Для прокладок.

Указания ТУ действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Таблица 4.27

Механические свойства металлопродукции из сталей нержавеющих и сплавов на железоникелевой основе коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных (ГОСТ 5949)

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
1 Стали мартенситного класса							
1-2	О7Х16Н4Б	Закалка с температуры (1О4О–1О6О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (65О–66О)°С, охлаждение на воздухе	88О	735	13	5О	84
1-3	О9Х16Н4Б (ЭП56)	Вариант 1: 1) Нагрев до температуры (114О–116О)°С, выдержка 5–5,5 ч, охлаждение на воздухе, отпуск при температуре (6ОО–62О)°С, охлаждение на воздухе. 2) Двукратная термическая обработка по режиму: закалка с температуры (1О3О–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (6ОО–62О)°С, охлаждение на воздухе	98О	835	8	45	59
		Вариант 2: 1) Нагрев до температуры (114О–116О)°С, выдержка 5–5,5 ч, охлаждение на воздухе, отпуск при температуре (6ОО–62О)°С, охлаждение на воздухе. 2) Закалка с температуры (1О3О–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (6ОО–62О)°С, охлаждение на воздухе. 3) Закалка с температуры (97О–98О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (3ОО–37О)°С, охлаждение на воздухе	118О	93О	8	4О	59
1-4	11Х11Н2В2МФ (ЭИ962)	Вариант 1: Нормализация с температуры (1ООО–1О2О)°С, закалка с температуры (1ООО–1О2О)°С, охлаждение в масле или на воздухе, отпуск при температуре (54О–59О)°С, охлаждение на воздухе	98О	835	1О	5О	59
		Вариант 2: Нормализация с температуры (1ООО–1О2О)°С, закалка с температуры (1ООО–1О2О)°С, охлаждение в масле или на воздухе, отпуск при температуре (64О–68О)°С, охлаждение на воздухе	835	735	12	55	69

Продолжение табл. 4.27

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
1-5	13Х11Н2В2МФ (ЭИ961)	Вариант 1: Закалка с температуры (1ООО–1О2О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (66О–71О)°С, охлаждение на воздухе	88О	735	15	55	88
		Вариант 2: Закалка с температуры (1ООО–1О2О)°С, охлаждение в масле или на воздухе, отпуск при температуре (54О–59О)°С, охлаждение на воздухе	1О8О	93О	13	55	69
1-6	13Х14Н3В2ФР (ЭИ736)	Вариант 1: Закалка с температуры (1О4О–1О6О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (64О–68О)°С, охлаждение на воздухе	93О	735	14	55	88
		Вариант 2: Закалка с температуры (1О4О–1О6О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (54О–58О)°С, охлаждение на воздухе	113О	885	12	5О	69
1-7	15Х11МФ	Закалка с температуры (1О3О–1О6О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (7ОО–74О)°С, охлаждение в масле	69О	49О	15	55	59
1-8	16Х11Н2В2МФ (ЭИ962А)	Вариант 1: Нормализация с температуры (1ООО–1О2О)°С, закалка с температуры (1ООО–1О2О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (66О–71О)°С, охлаждение на воздухе	По согласованию				
		Вариант 2: Нормализация с температуры (1ООО–1О2О)°С, закалка с температуры (9ОО–1О2О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (55О–59О)°С, охлаждение на воздухе	По согласованию				
1-9	18Х11МНФБ (ЭП291)	Закалка с температуры (1О8О–113О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (66О–77О)°С, охлаждение на воздухе	74О	59О–735	15	5О	59
1-1О	2ОХ12ВНМФ (ЭП428)	Закалка с температуры (1О1О–1О6О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (66О–77О)°С, охлаждение на воздухе	74О	59О	15	5О	59

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
1-11	2ОХ13	Вариант 1: Закалка с температуры (1ООО–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (66О–77О)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	65О	44О	16	55	78
		Вариант 2: Закалка с температуры (1ООО–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (6ОО–7ОО)°С, охлаждение на воздухе или в масле	83О	635	1О	5О	59
1-12	2ОХ17Н2	По согласованию					
1-15	3ОХ13Н7С2 (ЭИ72)	Закалка с температуры (1О4О–1О6О)°С, охлаждение в воде, отжиг при температуре (86О–88О)°С, охлаждение до температуры 7ОО°С в течение 2 ч и затем с печью, отжиг при температуре (66О–68О)°С в течение 3О мин, охлаждение на воздухе, закалка с температуры (79О–81О)°С, охлаждение в масле	118О	785	8	25	2О
1-16	4ОХ9С2	Отжиг при температуре (85О–87О)°С, охлаждение на воздухе или без термической обработки	74О	44О	15	35	–
1-17	4ОХ1ОС2М (ЭИ1О7)	Закалка с температуры (1О1О–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (72О–78О)°С, охлаждение в масле	93О	735	1О	35	2О
2. Стали мартенсито-ферритного класса							
2-3	12Х13	Закалка с температуры (1ООО–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, отпуск при температуре (7ОО–79О)°С, охлаждение на воздухе	59О	41О	2О	6О	88
2-4	14Х17Н2 (ЭИ268)	Вариант 1: Закалка с температуры (975–1О4О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (275–35О)°С, охлаждение на воздухе	1О8О	835	1О	3О	49
2-4	14Х17Н2 (ЭИ268)	Вариант 2: Закалка с температуры (1ООО–1О3О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (62О–66О)°С, охлаждение на воздухе	835	635	16	55	75

Продолжение табл. 4.27

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
2-5	15Х12ВНМФ (ЭИ8О2)	Отжиг при температуре (9ОО–95О)°С, охлаждение с печью, закалка с температуры (1ООО–1О2О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (6ОО–7ОО)°С, охлаждение на воздухе	74О	59О	15	45	59
2-6	18Х12ВМБФР (ЭИ993)	Закалка с температуры (1О5О–115О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (65О–7ОО)°С, охлаждение на воздухе	74О	49О	12	45	39
3. Стали ферритного класса							
3-2	О8Х13 (ЭИ496)	Закалка с температуры (1ООО–1О5О)°С, охлаждение в масле, отпуск при температуре (7ОО–8ОО)°С, охлаждение в масле	59О	41О	2О	6О	98
3-3	О8Х17Т (ЭИ645)	Отжиг при температуре (76О–78О)°С, охлаждение на воздухе	По согласованию				
3-6	1ОХ13СЮ (ЭИ4О4)	Отжиг при температуре (8ОО–85О)°С, охлаждение на воздухе или в масле	49О	345	15	6О	–
3-7	12Х17	Отжиг при температуре (76О–78О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	39О	245	2О	5О	–
3-8	15Х18СЮ (ЭИ484)	Отжиг при температуре (8ОО–85О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	49О	295	2О	5О	–
3-9	15Х25Т (ЭИ439)	Отжиг при температуре (73О–77О)°С, охлаждение на воздухе или в воде, или без термической обработки	44О	295	2О	45	–
3-1О	15Х28 (ЭИ349)	Отжиг при температуре (68О–72О)°С, охлаждение на воздухе или в воде, или без термической обработки	44О	295	2О	45	–
4. Стали аустенито-мартенситного класса							
4-2	О7Х16Н6 (ЭП288)	Закалка с температуры (975–1ООО)°С, охлаждение в воде, на воздухе, или в масле, последующая обработка холодом при температуре минус 7О°С, выдержка 2 ч, или при температуре минус 5О°С, выдержка 4 ч, старение при температуре (35О–4ОО)°С, выдержка 1 ч, охлаждение на воздухе	1О8О	88О	12	5О	69
4-7	О9Х17Н7Ю1	Закалка с температуры (1О3О–1О7О)°С, охлаждение на воздухе, двукратный отпуск: первый – при температуре (74О–76О)°С, охлаждение на воздухе или в воде, второй – при температуре (55О–6ОО)°С, охлаждение на воздухе	83О	735	12	4О	49

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
4-8	2ОХ13Н4Г9 (ЭИ1ОО)	Закалка с температуры (1О7О–113О)°С, охлаждение на воздухе	64О	245	35	55	–
5. Стали аустенито-ферритного класса							
5-5	О8Х2ОН14С2 (ЭИ732)	Закалка с температуры (1ООО–115О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	54О	245	4О	5О	98
5-6	О8Х21Н6М2Т (ЭП54)	Закалка с температуры (95О–1О5О)°С, охлаждение на воздухе	59О	345	25	45	–
5-7	О8Х22Н6Т (ЭП53)	Закалка с температуры (95О–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	59О	345	2О	45	–
5-8	12Х21Н5Т (ЭИ811)	Вариант 1 Закалка с температуры (95О–1О5О)°С, охлаждение на воздухе	69О	315	16	45	59
		Вариант 2 Закалка с температуры (1ООО–1О5О)°С, охлаждение на воздухе, последующая обработка холодом при температуре от минус 6О°С до минус 1ОО°С, в течение 4 ч, отпуск при температуре (1ОО–2ОО)°С, выдержка 2–3 ч, охлаждение на воздухе	69О	345	16	45	59
5-9	15Х18Н12С4ТЮ (ЭИ654)	Закалка с температуры (95О–1О5О)°С, охлаждение в воде	72О	375	25	4О	78
5-1О	2ОХ2ОН14С2 (ЭИ211)	Закалка с температуры (1ООО–115О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	59О	295	35	55	–
5-11	2ОХ23Н13 (ЭИ319)	Закалка с температуры (11ОО–115О)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	49О	295	35	5О	–
6. Стали аустенитного класса							
6-4	О3Х17Н14М3	Закалка с температуры (1О7О–11ОО)°С, охлаждение в воде	49О	196	4О	–	–
6-6	О3Х18Н11	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	44О	155	4О	55	–
6-11	О4Х18Н1О (ЭИ842, ЭП55О)	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	44О	155	4О	55	–
6-15	О7Х21Г7АН5 (ЭП222)	Закалка с температуры (1ООО–1О5О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	69О	365	4О	5О	127

Продолжение табл. 4.27

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
6-17	О8Х15Н24В4ТР (ЭП164)	По согласованию					
6-19	О8Х16Н13М2Б (ЭИ68О)	Закалка с температуры (11ОО–113О)°С, охлаждение на воздухе	55О	215	4О	5О	118
6-2О	О8Х17Н13М2Т	Закалка с температуры (1О5О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	49О	196	4О	5О	–
6-21	О8Х17Н15М3Т (ЭИ58О)	Закалка с температуры (1О5О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	49О	196	35	45	–
6-22	О8Х18Н1О	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	47О	196	4О	55	–
6-23	О8Х18Н1ОТ (ЭИ914)	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	49О	196	4О	55	–
6-25	О8Х18Н12Б (ЭИ4О2)	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	49О	175	4О	55	–
6-26	О9Х14Н19В2БР (ЭИ695Р)	Закалка с температуры (114О–116О)°С, охлаждение на воздухе	51О	215	35	5О	–
6-27	О9Х14Н19В2БР1 (ЭИ726)	Закалка с температуры (112О–114О)°С, охлаждение на воздухе, отпуск при температуре (74О–76О)°С, выдержка 5 ч, охлаждение на воздухе	51О	215	3О	44	–
6-31	1ОХ11Н2ОТ3Р (ЭИ696)	Закалка с температуры (11ОО–117О)°С, охлаждение на воздухе или в масле, старение при температуре (7ОО–75О)°С в течение 15–25 ч, охлаждение на воздухе	88О	59О	1О	15	29
6-32	1ОХ11Н23Т3МР (ЭП33)	Вариант 1: Закалка с температуры (11ОО–117О)°С, выдержка 2–5 ч, охлаждение на воздухе или в масле, старение при температуре (75О–8ОО)°С в течение 16–25 ч, охлаждение на воздухе	88О	59О	8	1О	29
		Вариант 2: Закалка с температуры (95О–1О5О)°С, выдержка 2–5 ч, охлаждение в масле, старение при температуре (73О–78О)°С в течение 16 ч, дополнительное старение при температуре (6ОО–65О)°С, выдержка 1О–16 ч, охлаждение на воздухе	98О	685	1О	12	29

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
6-33	1ОХ14Г14Н4Т (ЭИ711)	Закалка с температуры (1ООО–1О8О)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	64О	245	35	5О	–
6-35	1ОХ17Н13М2Т (ЭИ448)	Закалка с температуры (1О5О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	51О	215	4О	55	–
6-36	1ОХ17Н13М3Т (ЭИ432)	Закалка с температуры (1О5О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	53О	196	4О	55	–
6-38	1ОХ23Н18	Закалка с температуры (11ОО–115О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	49О	196	35	5О	–
6-39	12Х17Г9АН4 (ЭИ878)	Закалка с температуры (1О5О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	69О	345	45	55	–
6-4О	12Х18Н9	Закалка с температуры (1О5О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	49О	196	45	55	–
6-41	12Х18Н9Т	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	54О	196	4О	55	–
6-42	12Х18Н1ОТ	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	51О	196	4О	55	–
6-44	12Х18Н12Т	Закалка с температуры (1О2О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	54О	196	4О	55	–
6-45	12Х25Н16Г7АР (ЭИ835)	Закалка с температуры (1О5О–115О)°С, охлаждение на воздухе	69О	325	4О	45	–
6-46	17Х18Н9	Закалка с температуры (1О5О–11ОО)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	57О	215	4О	55	–
6-47	2ОХ23Н18 (ЭИ417)	Закалка с температуры (11ОО–115О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	49О	196	35	5О	–
6-48	2ОХ25Н2ОС2 (ЭИ283)	Закалка с температуры (11ОО–115О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	59О	295	35	5О	–
6-49	31Х19Н9МВБТ (ЭИ572)	Закалка с температуры (114О–118О)°С, охлаждение в воде, старение при температуре (75О–8ОО)°С, выдержка 15 ч, охлаждение на воздухе	59О	295	3О	4О	–
6-5О	36Х18Н25С2	Закалка с температуры (1ООО–115О)°С, охлаждение на воздухе, в масле или в воде	64О	345	25	4О	–

Продолжение табл. 4.27

Порядковый номер марки по ГОСТ 5632	Марка стали (сплава)	Рекомендуемый режимтермической обработки образцов или заготовок для изготовления образцов	Механические свойства, не менее				
			Временное сопротивление $\sigma_в$	Предел текучести $\sigma_т$	Относительное		Ударная вязкость KCU, Дж/см^2
			Н/мм^2		удлинение δ_5,%	сужение ψ, %	
6-52	4ОХ15Н7Г7Ф2МС (ЭИ388)	Закалка с температуры (117О–119О)°С, охлаждение в воде или на воздухе, старение при температуре (78О–82О)°С, выдержка 8–1О ч, охлаждение на воздухе	88О	59О	15	15	29
6-53	45Х14Н14В2М (ЭИ69)	Высокий отпуск при температуре (81О–83О)°С, охлаждение на воздухе	71О	315	2О	35	–
7. Сплавы на железоникелевой основе							
7-2	О3ХН28МДТ (ЭП516)	Закалка с температуры (1О5О–1О8О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	По согласованию				
7-5	О6ХН28МДТ (ЭИ943)	Закалка с температуры (11ОО–115О)°С, охлаждение на воздухе или в воде	По согласованию				

Примечания.

1. Нормы механических свойств, указанные в таблице, относятся к образцам, отобранным от металлопродукции диаметром, стороной квадрата или толщиной до 6О мм включительно.

Для металлопродукции диаметром, стороной квадрата или толщиной свыше 6О до 1ОО мм включительно допускается понижение относительного удлинения на 1 абс. %, относительного сужения на 5 абс. % и ударной вязкости на 4,9 Дж/см^2 при норме менее 78,4 Дж/см^2 и на 9,8 Дж/см^2 при норме 78,4 Дж/см^2 и более.

Для металлопродукции диаметром, стороной квадрата свыше 1ОО до 15О мм включительно допускается понижение относительного удлинения на 3 абс. %, относительного сужения на 1О абс. % и ударной вязкости на 9,8 Дж/см^2 при норме менее 78,4 Дж/см^2 и на 14,7 Дж/см^2 при норме 78,4 Дж/см^2 и более.

2. Механические свойства металлопродукции диаметром или стороной квадрата свыше 1ОО мм допускается проверять на перекованной или перекатанной пробе размером от 8О до 1ОО мм включительно. При этом нормы механических свойств должны соответствовать значениям, указанным в таблице.

3. Испытания на ударный изгиб проводят для металлопродукции квадратного сечения и полосы размером 12 мм и более и для металлопродукции круглого и шестигранного сечения диаметром 16 мм и более.

4. Механические свойства металлопродукции из сталей и сплавов, полученных методом электрошлакового (Ш), вакуумно-дугового (ВД) переплава и вакуумно-индукционной выплавки (ВИ), должны соответствовать нормам, указанным в таблице. Допускается снижение временного сопротивления и предела текучести при одновременном повышении пластических характеристик, при этом норму устанавливают по согласованию изготовителя с заказчиком. Для металлопродукции из стали марки О7Х21Г7АН5-Ш (ЭП222-Ш) допускается понижение временного сопротивления и предела текучести на 3О Н/мм.

5. Для стали марок 1ОХ13СЮ (ЭИ4О4), 12Х17, 15Х18СЮ (ЭИ484), 15Х25Т (ЭИ439) и 15Х28 (ЭИ349) механические свойства металлопродукции размером свыше 6О мм должны испытывать на образцах, изготовленных из заготовок, отобранных от перекованных проб на размер от 5О до 6О мм включительно.

6. Знак «-» означает, что данная характеристика не нормируется и не контролируется.

Таблица 4.28

Рекомендуемые размеры стальных полос

Ширина, мм	Толщина					
12, 14	От	4	до	8	через	1 мм
16	»	4	»	10	»	1 мм, 12
18	»	4	»	10	»	1 мм
20, 22	»	4	»	12	»	1 мм
25, 28	»	4	»	12	»	1 мм, 14, 16
30, 32, 36	»	4	»	12	»	1 мм, 14, 16, 18, 20
40	»	4	»	12	»	1 мм
	»	14	»	22	»	2 мм, 25, 28, 32
45, 50, 56	»	4	»	12	»	1 мм
	»	14	»	22	»	2 мм, 25, 28, 30, 32, 36
60, 63, 65, 70, 75	»	4	»	12	»	1 мм
	»	14	»	22	»	2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45
80	»	4	»	12	»	1 мм
	»	14	»	22	»	2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56
От 85 до 130 через 5	»	4	»	12	»	1 мм
От 140 до 200 через 10	»	14	»	22	»	2 мм, 25, 28, 30, 36, 40, 45, 50, 56, 60

Горячекатаная круглая, квадратная и шестигранная сталь имеет следующие рекомендуемые размеры:

сталь горячекатаная круглая — 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; далее до 48 через 1 мм; 52; 53; 54; 55; 56; 58; 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 97; от 100 до 200 через 5 мм; от 210 до 270 через 10 мм;

сталь горячекатаная квадратная — от 6 до 30 через 1 мм; далее 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45; 46; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 93; 95; далее от 100 до 150 через 5 мм; от 160 до 200 через 10 мм;

сталь горячекатаная шестигранная — от 8 до 22 через 1 мм; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм.

Рекомендуемый сортамент равнополочных и неравнополочных стальных уголков и стальных швеллеров приведен в табл. 4.29 – 4.31.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ

Металлопродукция горячекатаная, в прутках, круглая, обычной точности прокатки (В1), II класса по кривизне, немерной длины (НД), диаметром 8 мм, по ГОСТ 2590-2006, из стали марки 12Х18Н9-ВД, с качеством поверхности группы 3ГП, с требованиями к макроструктуре, произведенной из слитка (КМС1), без термической обработки, по ГОСТ 5949-2018:

$$Круг\ \frac{В1 - II - НД - 8\ ГОСТ\ 2590 - 2006}{12Х18Н9 - ВД - 3ГП - КМС1\ ГОСТ\ 5949 - 2018}.$$

Металлопродукция горячекатаная, в прутках, квадратная, обычной точности прокатки (В1), II класса по кривизне, мерной длины (МД) 4000 мм, со стороной квадрата 48 мм, по ГОСТ 2591-2006, из стали марки 10Х11Н23Т3МР (ЭП33), с качеством поверхности группы 2ГП, вариант 2 режима термической обработки для контроля механических свойств, с испытанием на длительную прочность по варианту 2 режима термической обработки заготовок (М2-2), с требованиями к макроструктуре, произведенной из непрерывнолитой заготовки

(КМС2), термически обработанная (ТО), по ГОСТ 5949-2О18:

$$Квадрат\frac{В1-II-МД-48\times4000\ ГОСТ\ 2591-2006}{10Х11Н23Т3МР(ЭП33)-2ГП-2-2-КМС2-ТО\ ГОСТ\ 5949-2018}.$$

Металлопродукция горячекатаная, в прутках, шестигранная, обычной точности прокатки (В1), I класса по кривизне, немерной длины (НД), группы по притуплению углов (БУ), диаметром вписанного круга 1О мм, по ГОСТ 2879-2ОО6, из стали марки 3ОХ13, с качеством поверхности группы 3ГП, отпущенная (О) по ГОСТ 5949-2О18:

$$Шестигранник\frac{В1-I-НД-БУ-10\ ГОСТ\ 2879-2006}{30Х13-3ГП-О\ ГОСТ\ 5949-2018}.$$

Металлопродукция горячекатаная полосовая, обычной точности прокатки по толщине (ВТ1) и ширине (ВШ1), обычной серповидности (ВС), нормальной плоскостности (ПН), немерной длины (НД), толщиной 32 мм, шириной 12О мм, по ГОСТ 1О3-2ОО6, из стали марки 1ОХ17Н13М2Т (ЭИ448), с качеством поверхности группы 3ГП, с контролем на стойкость против межкристаллитной коррозии (МКК1), термически обработанная (ТО) по ГОСТ 5949-2О18:

$$Полоса\frac{ВТ1-ВШ1-ВС-ПД-НД-32\times120\ ГОСТ\ 103-2006}{10Х17Н13М2Т\ (ЭИ448)-3ГП-МКК1-ТО\ ГОСТ\ 5949-2018}.$$

Металлопродукция кованая, в прутках, круглая, с обточенной (ободранной) поверхностью (ОБТ), немерной длины (НД), диаметром 6О мм, по ГОСТ 1133-71, из стали марки 15Х25Т (ЭИ439), с качеством поверхности группы 2ГП, без термической обработки, акт приемочного контроля 3.1 [2], по ГОСТ 5949-2О18:

$$Круг\frac{ОБТ-НД-60\ ГОСТ\ 1133-71}{15Х25Т\ (ЭИ439)-2ГП-3.1-[2]\ ГОСТ\ 5949-2018}.$$

Металлопродукция калиброванная, в прутках, круглая, квалитета h11, мерной длины (МД) 5ООО мм, диаметром 1О мм, по ГОСТ 7417-75, из стали марки 17Х18Н9, с качеством поверхности группы В по ГОСТ 1О51-73, нагартованная (НГ), по ГОСТ 5949-2О18:

$$Круг\frac{h11-МД-10\times5000\ ГОСТ\ 7417-75}{17Х18Н9-В-НГ\ ГОСТ\ 5949-2018}.$$

Металлопродукция калиброванная, в прутках, квадратная, квалитета h11, кратной мерной длиной (КД) 1ООО мм, с количеством крат 3, со стороной квадрата 15 мм, по ГОСТ 8559-75, из стали марки 12Х21Н5Т (ЭИ811), с качеством поверхности группы В по ГОСТ 1О51-73, вариант 1 режима термической обработки для контроля механических свойств, с проверкой на отсутствие склонности к охрупчиванию (с учетом 7.2.15), термически обработанная (ТО), по ГОСТ 5949-2О18:

$$Круг\frac{h11-КД-15\times(1000\times3)\ ГОСТ\ 8559-75}{12Х21Н5Т(ЭИ811)-В-1-ТО\ ГОСТ\ 5949-2018}\ с\ учетом\ 7.2.15.$$

Металлопродукция калиброванная, в прутках, шестигранная, квалитета h11, немерной длины (НД), диаметром вписанного круга 12 мм, по ГОСТ 856О-78, из стали марки О7Х16Н6 (ЭП288), с качеством поверхности группы В по ГОСТ 1О51-73, термически обработанная (ТО), по ГОСТ 5949-2О18:

$$Шестигранник\frac{h11-НД-12\ ГОСТ\ 8560-78}{07Х16Н6(ЭП228)-В-ТО\ ГОСТ\ 5949-2018}.$$

Металлопродукция со специальной отделкой поверхности, круглая, квалитета h1О, в мотках (НМД), диаметром 9,8 мм, с качеством отделки поверхности группы В по ГОСТ 14955-77, из стали марки О8Х18Н1ОТ (ЭИ914), в закаленном состоянии (З), по ГОСТ 5949-2О18:

$$Круг\frac{h10-НМД-9,8\ ГОСТ\ 14955-77}{08Х18Н10Т\ (ЭИ914)-В-З\ ГОСТ\ 5949-2018}.$$

Таблица 4.29

Рекомендуемый сортамент равнополочных уголков (ГОСТ 8509)

Номер профиля	Размеры профиля, мм					Масса 1 *м*, *кг*	Размещение рисок для однорядного расположения отверстий под заклепки и болты, *мм*			Профиль детали, примыкающей к угольнику в сварных конструкциях, *мм*				Наименьший радиус сгиба профиля *, *мм*			
														в горячем состоянии		в холодном состоянии	
	b	s	R	r	z_0		a	d	$d_б$	a_1	h	c	r_1	R_{1min}	R_{2min}	R_{1min}	R_{2min}
2	20	3	3,5	1,2	6,0	0,89	13	4,5	M4	17	4	3		95	85	345	335
2,5	25				7,3	1,12	15	5,5	M5	22				120	110	435	425
3,2	32	4	4,5	1,5	9,4	1,81	18	6,5	M6	28	5	4	1,0	150	140	555	540
3,6	36				10,4	2,16	20	9	M8	32				170	155	630	615
4	40		5,0	1,7	11,3	2,42	22	11	M10	36		5		195	175	705	690
4,5	45				12,6	2,73	25			41				220	200	800	775
5	50	5	5,5	1,8	14,2	3,77	30	13	M12	45	6			240	220	880	860
5,6	56		6,0	2,0	15,7	4,25				51		6		270	250	990	965
6,3	63	6	7,0	2,3	17,8	5,72	35	17	M16	57	7	7		305	280	1110	1085
7,5	75	8	9,0	3,0	21,5	9,02	45	21,5	M20	67	9	9	1,5	360	330	1330	1285
8	80				22,7	9,65				72				385	350	1420	1375
9	90		10,0	3,3	25,1	10,9	50	23,5	M22	82		10		440	400	1600	1560
10	100	10	12,0	4,0	28,3	15,1	55			91	11	12	2,0	485	440	1765	1720
12,5	125	12	14,0	4,6	35,3	22,7	70	26	M24	114	13	14		600	550	2205	2150
14	140				39,0	25,5	—	—	—	129				680	620	2485	2425
16	160	14	16,0	5,3	44,7	34,0				148	15	16	3,0	780	700	2830	2760

Примечание. Размещение рисок для двухрядного шахматного расположения отверстий под заклепки и болты см. в табл 4.5.

Таблица 4.30

Рекомендуемый сортамент неравнополочных уголков (ГОСТ 8510)

Номер профиля	Размеры профиля, *мм*							Масса 1м, *кг*	Размещение рисок для двухрядного шахматного расположения отверстий под заклепки и болты, *мм*				Профиль детали, примыкающей к угольнику в сварных конструкциях, *мм*					Наименьший радиус гиба профиля, *мм*							
																		в направлении меньшей полки				в направлении большей полки			
																		в горячем состоянии		в холодном состоянии		в горячем состоянии		в холодном состоянии	
	B	b	s	R	r	z_0	y_0		A	A_1	d	$d_б$	a	a_1	h	c	r_1	$R_{1миН}$	$R_{2миН}$	$R_{1миН}$	$R_{2миН}$	$R_{3миН}$	$R_{4миН}$	$R_{3миН}$	$R_{4миН}$
3,2/2	32	2О	3	3,5	1,2	4,9	1О,8	1,17	—	—	—	—	17	29	4	4	1	1ОО	9О	37О	36О	14О	13О	52О	51О
4/2,5	4О	25		4,О	1,3	5,9	13,2	1,48					22	37		5		13О	115	47О	455	18О	155	655	63О
4,5/2,8	45	28	4	5,О	1,7	6,8	15,1	2,2О					24	41	5			145	13О	52О	5О5	2ОО	185	735	72О

Продолжение табл. 4.30

Номер профиля	Размеры профиля, *мм*							Масса 1*м*, *кг*	Размещение рисок для двухрядного шахматного расположения отверстий под заклепки и болты, *мм*				Профиль детали, примыкающей к угольнику в сварных конструкциях, *мм*					Наименьший радиус гиба профиля, *мм*							
																		в направлении меньшей полки				в направлении большей полки			
																		в горячем состоянии		в холодном состоянии		в горячем состоянии		в холодном состоянии	
	B	b	s	R	r	z_0	y_0		A	A_1	d	d_6	a	a_1	h	c	r_1	R_{1min}	R_{2min}	R_{1min}	R_{2min}	R_{2min}	R_{4min}	R_{2min}	R_{4min}
5/3,2	50	32	4	5,5	1,8	7,6	16,5	2,49	18	20	6,5	M6	28	46	5	5	1	165	150	600	585	220	190	820	790
5,6/3,6	56	36		6,0	2,0	8,4	18,2	2,81					32	52		6		190	170	680	660	250	230	925	905
6,3/4	63	40	5	7,0	2,3	9,5	20,8	3,91	20	28	9	M8	35	58	6	7		210	185	755	730	285	260	1050	1025
7,5/5	75	50	6	8,0	2,7	12,1	24,4	5,69	30				44	69	7	9	1,5	260	235	935	910	335	310	1240	1215
8/5	80					11,7	26,5	5,92		35	11	M10		73				270	245	945	920	355	330	1310	1285
9,5/5,6	90	56	8	9,0	3,0	13,6	30,4	8,77		40	13	M12	48	82	9	10		290	260	1045	1015	400	370	1470	1440
10/6,3	100	63		10,0	3,3	15,0	33,2	9,87	40				56	93		12	2	325	290	1185	1150	440	410	1635	1600
12,5/8	125	80	10	11,0	3,7	19,2	41,4	15,5	55	35	23,5	M22	71	116	11	14		415	375	1500	1460	555	515	2050	2010
14/9	140	90		12,0	4,0	21,2	45,8	17,5	60	40	26	M24	81	131				470	420	1700	1650	630	580	2315	2265
16/10	160	100	12	13,0	4,3	23,6	53,2	23,6		70	23,5	M22	89	149	13	16	3	525	470	1900	1845	655	600	2600	2545

Примечание. Размещение рисок для однорядного расположения отверстий под заклепки и болты м. в табл. 4.4.

Таблица 4.31

Рекомендуемый сортамент швеллеров (ГОСТ 8240)

Номер профиля	Размеры профиля, *мм*							Масса 1*м*, *кг*	Размещение рисок для отверстий под заклепки и болты, *мм*							Профиль детали, примыкающей к швеллеру в сварных конструкциях, *мм*							Наименьший радиус гиба профиля, *мм*					
									Полка			Стенка											по оси *y-y*			по оси *x-x*		
																							в горячем состоянии		в холодном состоянии		в горячем состоянии	в холодном состоянии
	h	b	s	t	R	r	z_0		a	d	$d_б$	a_1	A	d_1	$d_{б1}$	$L(-1)$	$l(-1)$	$h_1(+0,5)$	$a_2(+1)$	e	c	r_1	$R_{1miИ}$	$R_{2miИ}$	$R_{1miИ}$	$R_{2miИ}$	$R_{3miИ}$	$R_{3miИ}$
5	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	11,6	4,84	20	9	M8	—	—	—	—	38	33	6,0	28	6	4	1,5	135	125	500	490	150	600
6,5	65	36		7,2			12,4	5,90								52	47	6,5	32				155	145	580	570	200	780
8	80	40	4,5	7,4	6,5		13,1	7,05	25	11	M10					68	60	6,0	36				180	170	660	650	245	960
10	100	46		7,6	7,0	3,0	14,4	8,59	30			33	34	9	M8	87	80	6,5	42				210	195	775	760	305	1200

Продолжение табл. 4.31

Номер профиля	Размеры профиля, *мм*							Масса 1*м*, *кг*	Размещение рисок для отверстий под заклепки и болты, *мм*							Профиль детали, примыкающей к швеллеру в сварных конструкциях, мм							Наименьший радиус гиба профиля, *мм*					
									Полка			Стенки											по оси *y-y*				по оси *x-x*	
																							в горячем состоянии		в холодном состоянии		в горячем состоянии	в холодном состоянии
	h	b	s	t	R	r	z_0		a	d	d_6	a_1	A	d_1	d_{61}	$L(-1)$	$l(-1)$	$h_1(+0,5)$	$a_2(+1)$	e	c	r_1	R_{1min}	R_{2min}	R_{1min}	R_{2min}	R_{3min}	R_{3min}
12	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	15,4	10,4	30	17	M16	38	44	13	M12	107	99	6,5	47	7	4	1,5	245	225	900	880	370	1440
14а	140	62	4,9	8,7	8,0		18,7	13,3	35			42	56	15	M14	126	116	7,0	57		5		310	280	1120	1090	430	1680
16а	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	20,0	15,3	40	20	M18	50	60	17	M16	146	134		63			2,0	325	295	1180	1150	490	1920
18а	180	74	5,1	9,3	9,0		21,3	17,4	45	23,5	M22	55	70	30	M18	166	153		69		6		355	325	1290	1260	550	2160
20а	200	80	5,2	9,7	9,5	4,0	22,8	19,8	50			60	80	23,5	M22	185	171	7,5	76				385	350	1400	1365	615	2400
22а	220	87	5,4	10,2	10,0		24,6	22,6		26	M24	65	90	26	M24	205	190		83		7		420	380	1530	1490	675	2640
24а	240	95	5,6	10,7	10,5		26,7	25,8	60				110			225	208		90	8			460	415	1675	1630	735	2880
27	270		6,0	10,5	11,0	4,5	24,7	27,7				70	130			255	239				8	2,5	475	430	1735	1690	830	3235
30	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	25,2	31,8					160			285	268		94	9			510	465	1850	1805	920	3600
36	360	110	7,5	12,6	14,0	6,0	26,8	41,9	70			75	210			342	323	9,0	104	10	10	3,0	565	510	2050	1995	1105	4320

4.k. ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ

Стальные трубы служат для изготовления из них корпусов, трубных пучков, змеевиков, штуцеров, патрубков и других деталей аппаратов.

Для кожухотрубных теплообменных аппаратов по массе трубы в большинстве случаев превышают все остальные их части и детали.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний стальных труб в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 4.32.

Для изготовления аппаратов применяются следующие виды труб:

трубы сварные водогазопроводные (усиленные) из углеродистых сталей обычного качества по ГОСТ 3262;

трубы электросварные прямошовные по сортаменту ГОСТ 1О7О4, $D_Н$ = 426—162О мм из углеродистых сталей обычного качества и низколегированных сталей по ГОСТ 1О7О6;

трубы бесшовные горячекатаные по сортаменту ГОСТ 8732, $D_Н$ = 25—82О мм из углеродистых сталей обычного качества, качественных и легированных по ГОСТ 8231;

трубы бесшовные холоднодеформированные по сортаменту ГОСТ 8734, $D_Н$ = 5—25О мм из качественных углеродистых и легированных сталей по ГОСТ 8733;

трубы бесшовные холодно-, тепло- и горячедеформированные для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности по ГОСТ 55О из качественных углеродистых и легированных сталей $D_Н$= 2О—114 мм;

трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионностойкой стали по ГОСТ 994О, $D_Н$ =57—325 мм;

трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионностойкой стали по ГОСТ 9941, $D_Н$ 5—25О мм.

Все трубы, в зависимости от пожеланий заказчика, поставляются немерной, мерной и кратной мерной длины.

Трубы обозначаются:

из углеродистых сталей обычного качества, качественных и легированных словом «Труба», затем дробью, в числителе которой указываются размеры трубы в мм (наружный диаметр × на толщину стенки × на длину) и ГОСТ сортамента, а в знаменателе — марка стали и ГОСТ технических требований;

из коррозионностойких сталей словом «Труба», затем указываются размеры трубы в мм (наружный диаметр × на толщину стенки × на длину), марка стали и ГОСТ сортамента трубы.

В табл. 4.33 приведены основные механические свойства труб из различных марок стали при t_R = 2О °С.

В табл. 4.34 – 4.46 приведен рекомендуемый сортамент труб, наиболее используемых в технологическом аппаратостроении и сооружении внутризаводских и магистральных трубопроводов.

Электросварные трубы не допускается применять в теплообменных аппаратах, предназначенных для работы с веществами 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.ОО5, ГОСТ 12.1.ОО7 (за исключением сероводорода при концентрации не более О,О3% об.), и в сосудах, где смещение сред трубного и межтрубного пространств может привести к взрыву.

При заказе труб по ГОСТ 1О7О6 из сталей марок Ст3сп4 и Ст3сп5 необходимо оговорить поставку их в соответствии с требованиями для труб магистральных тепловых сетей и проведение контроля поперечных сварных швов неразрушающим методом.

При заказе труб по ГОСТ 8731 и ГОСТ 8733 следует оговорить поставку труб из сталей группы «В» с проведением гидравлического испытания и, при необходимости, контроля макроструктуры, испытания на раздачу или сплющивание, или загиб. Контроль макроструктуры производится при давлении среды более 5 МПа (5О кгс/см^2).

При заказе труб по ГОСТ 55О из сталей марок 1О, 2О, 15Х5М и Х8, предназначенных для изготовления теплообменных аппаратов, необходимо оговорить поставку труб из сталей группы «А» (сортамент по ГОСТ 55О).

При заказе труб по ГОСТ 994О и ГОСТ 9941 необходимо оговорить следующие требования:

партия должна состоять из труб одной плавки и иметь единый документ о качестве с указанием химического состава и сведений о термической обработке;

глубина местной зачистки или шлифовки не должна выводить диаметр и толщину стенки за пределы минусовых отклонений;

должны быть проведены гидравлические испытания, испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии, испытания на раздачу или сплющивание.

При заказе труб по ГОСТ 994О следует оговорить также и требования по очистке от окалины и термообработке труб.

При заказе электросварных труб из коррозионностойких сталей по ТУ 14-3-1391 необходимо оговорить проведение испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии.

Трубы, закрепляемые в сосудах методом развальцовки, должны испытываться на раздачу, в остальных случаях — на загиб или сплющивание в соответствии со стандартами на трубы.

Допускается применять бесшовные трубы без проведения гидравлического испытания на предприятии-изготовителе труб в следующих случаях:

если труба подвергается по всей поверхности контролю физическими методами (радиографическим, ультразвуковым или им равноценным);

для труб при рабочем давлении до 5 МПа (5О кгс/см^2), если предприятие-изготовитель труб гарантирует положительные результаты гидравлических испытаний.

Таблица 4.32

Материалы для стальных труб (ГОСТ 34347)

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Ст3сп3, Ст3пс3 по ГОСТ 38О	ГОСТ 1О7О6 (трубы электросварные)	От О до 2ОО	5	Группа В по ГОСТ 1О7О6. Контроль радиографическим или ультразвуковым методом сварных швов каждого корпуса, изготовленного из труб в соответствии с требованиями настоящего стандарта	8
Ст3сп4, Ст3пс4 по ГОСТ 38О		От –2О до 2ОО			
1О, 2О по ГОСТ 1О5О	ТУ 14-3-624 (трубы электросварные)	От –3О до 2ОО	5	ТУ 14-3-624	8
2О (К42) по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 2О295 (трубы электросварные типа 3)			ГОСТ 2О295	
	ТУ 14-3Р-55	От –3О до 475	Не ограничено	ТУ 14-3Р-55	3, 12
	ТУ 14-3-46О			ТУ 14-3-46О	–
1О, 2О по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 32528; ГОСТ 32678; ГОСТ 8731; ГОСТ 8733	От –3О до 475	16	Группа В по ГОСТ 32528; ГОСТ 32678; ГОСТ 8731; ГОСТ 8733	1, 2
1О, 2О по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 55О	От –3О до 475	Не ограничено	Группы А, Б по ГОСТ 55О. Испытание на сплющивание и проверка макроструктуры, УЗД	3, 4
2О по ТУ 14-3-1128 ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	ТУ 14-3-1128 ; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	От –4О до 475		ТУ 14-3-1128 ТУ 14-3Р-1128 ТУ 14-159-1128	3
2ОПВ по ТУ14-3Р-55	ТУ 14-3Р-55	От –3О до 475		ТУ14-3Р-55	3, 12
2ОЮч по ТУ 14-3-1652; ТУ 14-3Р-54	ТУ 14-3-1652; ТУ 14-3Р-54	От –4О до 475		ТУ 14-3-1652; ТУ 14-3Р-54	–
15ГС по ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	От –4О до 475		ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	3, 11, 12
К52 по ГОСТ 2О295	ГОСТ 2О295 (трубы электросварные типа 3)	От –4О до 2ОО	5	ГОСТ 2О295	8
К5О (О9Г2С) по ГОСТ 31447	ГОСТ 31447 (трубы типа 3, хладостойкое исполнение)	От –6О до 425		ГОСТ 31447	8
К6О (1ОГ2ФБ, 1ОГ2ФБЮ) по ГОСТ 31447	ГОСТ 31447 (трубы электросварные типа 3)	От –6О до 3ОО		ГОСТ 31447	8
О9Г2С по ГОСТ 19281	ГОСТ 32528; ГОСТ 32678	От –7О до 475	Не ограничено	Группа В по ГОСТ 32528 и по ГОСТ 32678. Испытание на ударный изгиб при минимальной минусовой температуре. Испытание на сплющивание и проверка макроструктуры	1, 2

Продолжение табл. 4.32

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
1ОГ2 по 342831О5О	ГОСТ 55О	От –4О до 475	Не ограничено	Группы А, Б по ГОСТ 55О. Испытание на ударный изгиб при температуре –4О для толщин более 12 мм	3
	ГОСТ 32528; ГОСТ 8731; ГОСТ 8733; ГОСТ 32678	От –3О до 475		Группа В по ГОСТ 32528; ГОСТ 8731, ГОСТ 8733 и ГОСТ 32678	1, 2
1ОГ2А, О9Г2С по ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	От –6О до 475		ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	–
15ХМ по ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	От О до 56О		ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	
12Х1МФ по ГОСТ 2ОО72		От О до 57О			
1Х2М1 по ГОСТ 55О	ГОСТ 55О	От О до 56О		ГОСТ 55О	
15Х5 по ГОСТ 2ОО72		От О до 425		Группы А, Б по ГОСТ 55О	4
15Х5М, 15Х5М-У, 15Х5ВФ, 12Х8ВФ по ГОСТ 2ОО72		от О до 65О			
15Х5М по ГОСТ 2ОО72	ТУ 14-3Р-62	от О до 65О		ТУ 14-3Р-62	
13Х9М по ТУ 14-3-457	ТУ 14-3-457	от О до 65О		ТУ 14-3-457	–
12Х8 по ГОСТ 55О	ГОСТ 55О	От О до 475		ГОСТ 55О	4
1ОХ14Г14Н4Т по ТУ 14-3-19О5	ТУ 14-3-19О5	От – 196 до 5ОО		ТУ 14-3-19О5	-
О8Х22Н6Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	От –4О до 3ОО		ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	13
	ТУ 14-3-19О5			ТУ 14-3-19О5	–
О7Х13АГ2О по ТУ 14-3-1322; ТУ 14-3-1323	ТУ 14-3-1322; ТУ 14-3-1323	От –7О до 3ОО	5	ТУ 14-3-1322; ТУ 14-3-1323	
О8Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-19О5	От –4О до 3ОО	Не ограничено	ТУ 14-3-19О5	
О8Х18Г8Н2Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-1596	От –2О до 3ОО	5	ТУ 14-3-1596	
О3Х19АГ3Н1О по ТУ 14-3-415	ТУ 14-3-415	От –196 до 45О	Не ограничено	ТУ 14-3-415	

Продолжение табл. 4.32

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
О3Х17Н14М3 по ГОСТ 5632	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-396; ТУ 14-3-1348; ТУ 14-3-1357	От –196 до 45О	Не ограничено	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-396; ТУ 14-3-1348; ТУ 14-3-1357	
О2Х8Н22С6 по ТУ 14-3-1О24	ТУ 14-3-1О24	От –4О до 12О		ТУ 14-3-1О24	
О8Х18Н1ОТ, 1ОХ18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-1391 (трубы электросварные)	От –273 до 61О	5	5.11.4 и ТУ 14-3-1391	
О8Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	От –253 до 61О	Не ограничено	4.3.3, 5.11.4 ГОСТ 34347 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	13
12Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632		От –253 до 35О		4.3.1, 4.3.3 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	
		Св. 35О до 61О			6, 13
12Х18Н12Т по ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	ТУ 14-3-46О	От –253 до 35О		ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	–
		Св. 35О до 7ОО	5		6, 13
О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	Св. 61О до 7ОО		4.3.1, 4.3.3, 5.11.4 ГОСТ 34347 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	6, 13 для стали 12Х18Н1ОТ
О8Х18Н12Б по ГОСТ 5632		От –196 до 61О	Не ограничено	4.3.1, 4.3.2 ГОСТ 34347 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	6, 13
1ОХ17Н13М2Т по ГОСТ 5632		От –196 до 35О			
		Св. 35О до 7ОО			
О8Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632		От –196 до 35О			–
О8Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	Св. 35О до 6ОО		4.3.1, 4.3.2 ГОСТ 34347 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	–
О2Х18Н11 по ГОСТ 5632; ГОСТ Р 56594	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-14О1	От –196 до 45О		ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-14О1	
О2Х18Н11 по ТУ 14-3-1339	ТУ 14-3-1339	От –196 до 45О		ТУ 14-3-1339	
О3Х21Н21М4ГБ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-696	От –7О до 4ОО		ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-696	
О3ХН28МДТ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-12О1	От –196 до 4ОО		ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-12О1	
О6ХН28МДТ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-763; ТУ 14-3-822	От –196 до 4ОО		ТУ 14-3-763; ТУ 14-3-822	–
15Х25Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-949	От О до 3ОО	1,6	ТУ 14-3-949	9

Продолжение табл. 4.32

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
О8Х17Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	От О до 7ОО	–	4.3.3 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	5
15Х25Т по ГОСТ 5632		От О до 9ОО			
15Х28 по ГОСТ 5632		От О до 9ОО		ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	
О8Х13, 12Х13 по ГОСТ 5632		От –4О до 6ОО			
	ГОСТ 9941	От –4О до 55О	16	4.3.1, 4.3.3 и ГОСТ 9941	9
15Х18Н12С4ТЮ по ГОСТ 5632	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-31О; ГОСТ 9941	От –2О до 2ОО	2,5	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-31О, ГОСТ 9941	–
О5ХН32Т (О5Х2ОН32Т) по ТУ 132О-ОО3-18648658	ТУ 132О-ОО3-18648658	От –7О до 9ОО	Не ограничено	ТУ 132О-ОО3-18648658	

Приме чания.

1. При заказе труб из сталей марок 1О, 2О по ГОСТ 32528 необходимо требовать выполнение требований 5.1, 5.2, 5.8, 5.11, 5.12 (для расчетного давления до 5,О МПа) и дополнительно 5.14, 5.15 (для расчетного давления свыше 5,О МПа) указанного стандарта.

При заказе труб по ГОСТ 8731, ГОСТ 8733 необходимо требовать выполнение дополнительных испытаний на ударный изгиб, на раздачу и сплющивание, испытание гидравлическим давлением (для расчетного давления до 5,О МПа) и дополнительно проведение неразрушающего контроля (для расчетного давления свыше 5,О МПа).

При заказе труб по ГОСТ 32678 необходимо требовать выполнение требований 6.2.3, 6.3.7, 6.4 (раздача, сплющивание), 6.7.3, 6.7.4, 6.7.5, 8.1.2 (для расчетного давления до 5,О МПа) и дополнительно 8.2.21, 8.2.22 (для расчетного давления свыше 5,О МПа) указанного стандарта.

2. Электросварные холоднодеформированные трубы применяют до расчетного давления 5,О МПа.

3. Трубы из сталей марок 1О, 2О, 2ОПВ, изготовленные по ГОСТ 32678, ГОСТ 55О, ГОСТ 8733 и ТУ 14-3Р-55, ТУ 14-3-46О, диаметром не более 38 мм, толщиной не более 5 мм допускается применять при температурах стенки от –6О°С до 475°С.

4. При заказе труб по ГОСТ 55О, предназначенных для изготовления теплообменных аппаратов, необходимо оговаривать группу А.

5. Для деталей внутренних устройств.

6. Для сред, не вызывающих межкристаллитную коррозию.

7. Допускается применять трубы толщиной не более 12 мм из сталей марок 1О, 2О, 2ОПВ по ГОСТ 32528, ГОСТ 32678, ГОСТ 55О, ГОСТ 8731, ГОСТ 8733 и ТУ 14-3Р-55, ТУ 14-3-46О, ТУ 14-3-19О при температуре стенки от –4О°С и выше.

8. Контроль неразрушающими физическими методами продольных сварных швов.

9. Для трубных пучков, не подлежащих сварке.

1О. Ударная вязкость KCU при температуре –7О°С должна быть не менее 25 Дж/см .

11. Трубы из стали марки 15ГС при температуре стенки ниже –3О°С необходимо испытывать на ударный изгиб при температуре –4О°С. Ударная вязкость должна быть не менее 3О Дж/см .

12. При заказе труб по ТУ 14-3Р-55 необходимо требовать выполнение требований 1.8.3, 1.8.5 указанных технических условий*.

13. При заказе труб по ГОСТ 994О необходимо требовать выполнение требований 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.1 (партия-плавка) указанного стандарта. При заказе труб по ГОСТ 9941 необходимо требовать выполнение требований 2.2, 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, 2.9, 2.1О, 2.11, 3.1 (партия-плавка) указанного стандарта.

Указанные ТУ действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Таблица 4.33

Механические свойства стальных труб (ОСТ 26-291—94, справочное)

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, НВ, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
10, 20 ГОСТ 380; ГОСТ 14637	ГОСТ 3262	—	—	—	—	—	—	—	—	ГОСТ 3262		Загиб по ГОСТ 3262
Ст3кп2 ГОСТ 380; ГОСТ 14637	Группа В по ГОСТ 1070б	Термически обработанное	235 (24)	363 (37)	20	—	—	—	—	—	—	—
Ст3сп4 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			245 (25)	372 (38)	23	—	—	29 (3) при —20 °С	—	—	—	Стали применяются толщиной не более 9 мм; для стали Ст3сп5 ударная вязкость KCU после механического старения не менее 30 Дж/см^2 (3 кгс×м /см$^{2)}$
Ст3сп5 ГОСТ 380; ГОСТ 14637			245 (25)	372 (38)	23	—	—	29 (3) при —20 °С	—	—	—	
Ст10 ГОСТ 1050	ТУ 14-3-624—77	Термически обработанное		333 (34)	25	—	—	—	—	—	—	—
Ст20 ГОСТ 1050				412 (42)	22	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, НВ, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
10 ГОСТ 1050	Группа А по ГОСТ 550	С прокатного нагрева или термически обработанное	216 (22)	353 (36)	Горячедеформированные 25	50	78	—	137	—	—	—
		Термически обработанное	206 (21)	Холоднодеформированные и теплодеформированные 333 (34)	26	—	—	—	137	ГОСТ 550		—
20 ГОСТ 1050	Группа А по ГОСТ 550	С прокатного нагрева или термически обработанное	255 (26)	431 (44)	Горячедеформированные 22	50	78	—	156	ГОСТ 550		—
20 ГОСТ 1050	Группы А, Б по ГОСТ 550	Термически обработанное	Холоднодеформированные и теплодеформированные 245 (25)	412 (42)	23	—	—	—	156	ГОСТ 550		—
10 ГОСТ 1050; ТУ 14-3-190—82	Группа В по ГОСТ 8733	Термически обработанное	206 (21)	343 (35)	24	—	—	—	137	ГОСТ 8731, ГОСТ 8733		Загиб по ГОСТ 8733; ГОСТ 8731
	Группа В по ГОСТ 8731	Горячекатаное	216 (22)	353 (36)								

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, % не менее	Ударная вязкостьKCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, HB, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
20 ГОСТ 1050; ТУ 14-3-190—82	Группа В по ГОСТ 8733	Термически обработанное	245 (25)	412 (42)	21	—	—	—	156	ГОСТ 8731—74, ГОСТ 8733—74		Загиб по ГОСТ 8733, ГОСТ 8731
	Группа В по ГОСТ 8731	Горячекатаное	245 (25)	412 (42)	21	—	—	—	—			
20 ГОСТ 1050	ТУ 14-3-460—75	Термически обработанное или с прокатного нагрева	216 (22)	412—550 (42—56)	Продольные образцы 24	40	49 (5)	—	—	ТУ 14-3-460—74		—
				441 (45)	Поперечные образцы 22	40	39 (4)	—	—			—
20ЮЧ ТУ 14-3-1600—89; ТУ 14-3-1652—89	ТУ 14-3-1600—89	—	245 (25)	412 (42)	23	—	—	49 (5) при —40 °С	190	ТУ 14-3-1600—89		—
	ТУ 14-3-1652—89		382 (39)							ТУ 14-3-1652—89		—
09Г2С ГОСТ 19281; ТУ 14-3-1128—82	ТУ 14-3-1128—82	Термически обработанное	265 (27)	472 (48)	22	—	—	34 (3,5) при —60 °С s≤10 мм 29 (3) при —60 °С s>10 мм	—	—	—	Ударная вязкость KCU определяется при —30 °С

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, HB, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
09Г2С ГОСТ 19281	ТУ 14-3-500—76	Термически обработанное	265 (27)	472 (48)	22	—	—	39 (4) при —70 °С	—	ТУ 14-3-500—76	—	Ударная вязкость KCU не менее 50 Дж/см^2 (5 кгс×м/см^2) для труб 219×8 мм
10Г2 ГОСТ 4543	Группа В по ГОСТ 8733		235 (25)	421 (43)	22	—	—	—	—	ГОСТ 8733—74		Загиб и бортование по ГОСТ 8733
	Группа В по ГОСТ 8731	С прокатного нагрева или термически обработанное	265 (27)	421 (43)	21	—	—	—	197	ГОСТ 8731—74		Загиб и бортование по ГОСТ 8731
	Группы А, Б по ГОСТ 550	С прокатного нагрева или термически обработанное	265 (27)	421 (43)	21	50	118 (12)	24 (2,5) при —40 °С	197	ГОСТ 550—75		Ударная вязкость определяется для толщин более 12 мм
15ГС ТУ 14-3-460—75	ТУ 14-3-460—75	Термически обработанное или с прокатного нагрева	294 (30)	Поперечные образцы 491 (50)	16	40	49 (5)	—	—	ТУ 14-3-460—75		—
			294 (30)	Продольные образцы 491 (50)	18	45	59 (6)					

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, НВ, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
10Г2ФБ ТУ 14-3-1464—87	ТУ 14-3-1464—87	Контролируемая прокатка	441 (45)	588 (60)	20	—	—	49 (5) при —60 °С	—	—	—	Ударная вязкость KCU 78,4 Дж/см^2 (8 кгс×м/см^2) при —15 °С
13ГС-У ТУ 14-3-1464—87			363 (37)	510 (52)	20	—	—	39 (4) при —60 °С	—	—	—	Ударная вязкость KCU 39,2 Дж/см^2 (45 кгс×м/см^2) при —15 °С
13Г1С-У ТУ 14-3-1464—87			402 (41)	539 (55)	20	—	—	39 (4) при —60 °С	—	—	—	Ударная вязкость KCU при —15 °С 39,2 Дж/см^2 (45 кгс×м/см^2) и для толщин 14 мм 58,8 Дж/см^2 (65 кгс×м/см^2)
15ХМ ТУ 14-3-460—75	ТУ 14-3-460—75	С прокатного нагрева или термически обработанное	235 (24)	Продольные образцы 441—638 (45—65)	21	50	59 (6)	—	—	ТУ 14-3-460—75		—
15ХМ ТУ 14-3-460—75	ТУ 14-3-460—75	С прокатного нагрева или термически обработанное	226 (23)	Поперечные образцы 441 (45)	20	45	49 (5)	—	—	ТУ 14-3-460—75		—

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, НВ, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
12Х1МФ ГОСТ 20072	ТУ 14-3-460—75	С прокатного нагрева или термически обработанное	275 (28)	Продольные образцы 441—638 (45—65)	21	55	59 (6)	—	—	ТУ 14-3-460—75		—
			275 (28)	Поперечные образцы 441 (45)	19	50	49 (5)	—	—			—
1Х2МI ГОСТ 550—75	ГОСТ 550	Термически обработанное	265 (27)	441 (45)	20	45	98 (10)	—	227	ГОСТ 550		—
15Х5 ГОСТ 20072	Группы А, Б по ГОСТ 550		216 (22)	392 (40)	Горячедеформированные 24	50	98 (10)	—	—	ГОСТ 550		—
15Х5М ГОСТ 20072			216 (22)	392 (40)	Горячедеформированные 22	50	118 (12)	—	170			—
			Холодно- и теплодеформированные 216 (22)	392 (40)	22	—	—	—	170			—
15Х5М-У ГОСТ 20072		Нормализация + отпуск	412 (42)	588 (60)	Горячедеформированные 16	65	98 (10)	—	235			—

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, НВ, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
				Горячедеформированные								
15Х5ВФ ГОСТ 2005-72	Группы А, Б по ГОСТ 550	Термически обработанное	216 (22)	392 (40)	22	50	118 (12)	—	170	ГОСТ 550		—
Х8М ТУ 14-3-457—76	ТУ 14-3-457—76		216 (22)	470 (48)	22	50	98 (10)	—	170	ТУ 14-3-457—76		—
12Х8 ГОСТ 550	ГОСТ 550		216 (22)	392 (40)	22	—		—		ГОСТ 550		—
Х8 ТУ 14-3-457—76	ТУ 14-3-457—76	Термически обработанное	196 (20)	392 (40)	22	50	78 (8)	—	170	ТУ 14-3-457—76		—
12Х8ВФ ГОСТ 2005-72	ГОСТ 550		167 (17)	392 (40)	22	50	98 (10)	—		ГОСТ 550		—
15Х5М ТУ 14-3-1080—81; ГОСТ 2005-72	ТУ 14-3-1080—81		412 (42)	569 (58)	16	65	98 (10)	—	—	ТУ 14-3-1080—81		—
10Х14Г14Н4Т ТУ 14-3-59—81	ТУ 14-3-59—81		—	588 (60)	35	—	—	—	—	—	—	—
08Х22Н6Т ГОСТ 5632	ГОСТ 9940, ГОСТ 9941		—	588 (60)	20	—	—	—	—	ГОСТ 9940, ГОСТ 9941	—	—
	ТУ 14-3-59—81									—	—	
08Х21Н6М2Т ГОСТ 5632	ТУ 14-3-59—81	Термически обработанное	—	588 (60)	20	—	—	—	—	ГОСТ 9940, ГОСТ 9941	—	—
08Х18Г8Н2Т ТУ 14-3-387—75	ТУ 14-3-387—75		295 (30)	588 (60)	18							

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, НВ, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
07Х13АГ20 ТУ 14-3-1322—85, ТУ 14-3-1322—85	ТУ 14-3-1322—85, ТУ 14-3-1323—85	—	344 (35)	638 (65)	40	—	—	—	—	—	—	Растяжение по ГОСТ 10006
03Х17Н14М3 ТУ 14-3-396—75, ТУ 14-3-1357—85, ТУ 14-3-1348—85	ТУ 14-3-396—75, ТУ 14-3-1357—85	—	196 (20)	490 (50)	30	—	—	—	—	—	ТУ 14-3-396—75, ТУ 14-3- 1357 —85	
	ТУ 14-3-1348—85				40							
03Х19АГ3Н10 ТУ 14-3-415—75	ТУ 14-3-415—75	—	344 (35)	638 (65)	45	—	—	—	—	—	ТУ 14-3-5-415 —75	Бортование по ТУ 14-3-415—75
02Х8Н22С6 ТУ 14-3-1024—81	ТУ 14-3-1024—81	—	196 (20)	588 (60)	35	—	—	—	—	—	—	—
08Х18Н10Т ГОСТ 5632	Трубы электросварные по ТУ 14-3-1391—85	—	—	530 (54)	37	—	—	—	—	—	—	—
10Х18Н10Т ГОСТ 5632				550 (56)	35							
02Х18Н11 ТУ 14-3-1401—86; ТУ 14-3-1339—85	ТУ 14-3-1401—86	Термически обработанное	186 (18,5)	452 (46)	45	—	—	—	—	—	—	—
	ТУ 14-3-1339—85		185 (18,5)	472 (48)	45	—	—	—	—	—	—	—
12Х18Н10Т ГОСТ 5632	ГОСТ 9940		216 (22)	530 (54)	40	—	—	—	—	—	—	—
	ГОСТ 9941			550 (56)	35							

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, НВ, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
12Х18Н12Т ГОСТ 5632	ТУ 14-3-460—75	Термически обработанное	216 (22)	Продольные образцы 530 (54)	35	—	—	—	200	ТУ 14-3-460—75		—
08Х18Н10Т ГОСТ 5632	ГОСТ 9940		—	510 (52)	40	—	—	—	—	—	—	—
	ГОСТ 9941			550 (56)	37							
08Х18Н12Б ГОСТ 5632	ГОСТ 9940		—	510 (52)	38	—	—	—	—	—	—	—
	ГОСТ 9941		—	530 (54)	37	—	—	—	—	—	—	—
10Х17Н13М2Т ГОСТ 5632	ГОСТ 9940		—	530 (54)	35	—	—	—	—	—	—	—
	ГОСТ 9941											
08Х17Н15М3Т ГОСТ 5632	ГОСТ 9940		—	510 (52)	35	—	—	—	—	—	—	—
	ГОСТ 9941		—	550 (56)	35	—	—	—	—	—	—	—
03Х18Н11 ГОСТ 5632	ТУ 14-3-681—78		196 (20)	510 (52)	45	—	—	—	—	ТУ 14-3-681—78		Бортование по ТУ 14-3-681—78
03Х21Н21МЧГБ ГОСТ 5632	ТУ 14-3-694—78, ТУ 14-3-696—78, ТУ 14-3-751—78		216 (22)	490 (50)	30	—	—	—	—	—	—	—
03ХН28МДТ ГОСТ 5632	ТУ 14-3-694—78, ТУ 14-3-751—78, ТУ 14-3-1201—83	Термически обработанное	216 (22)	490 (50)	35	—	—	—	—	—	ТУ 14-3-694—78, ТУ 14-3-751—78, ТУ 14-3-1201—83	—

Продолжение табл. 4.33

Марка стали, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Состояние материала	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение δ_5, %, не менее	Относительное сужение φ, %, не менее	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс×м/см^2), не менее		Твердость по Бринеллю, HB, не более	Сплющивание	Раздача, %	Примечание
							при 20°С	при нижнем пределе применения				
06ХН28МДТ ГОСТ 5632	ТУ 14-3-318—74, ТУ 14-3-372—75	Термически обработанное	—	520 (53)	35	—	—	—	—	—	ТУ 14-3-318—74; ТУ 14-3-372—75; ТУ 14-3-763—78; ТУ 14-3-822—79	
	ТУ 14-3-763—78, ТУ 14-3-822—79			490 (50)	30							
08Х17Т ГОСТ 5632	ГОСТ 9940, ГОСТ 9941		—	372 (38)	17	—	—	—	—	—	—	—
15Х25Т ГОСТ 5632	ГОСТ 9940		—	441 (45)	—	—	—	—	—	—	—	—
	ГОСТ 9941			461 (47)								
08Х13 ГОСТ 5632	ГОСТ 9940, ГОСТ 9941		—	372 (38)	22	—	—	—	—	—	—	—
12Х13 ГОСТ 5632	ГОСТ 9940	Термически обработанное	—	392 (40)	21	—	—	—	—	—	—	—
	ГОСТ 9941				22							
ХН32Т ТУ 14-3-489—76	ТУ 14-3-489—76		176 (18)	477 (48)	Горячекатаные 35	60 при толщине не более 10 мм	—	—	—	ТУ 14-3-489—76		—
15Х18Н12С4ТЮ ГОСТ 5632	ТУ 14-3-310—74	Термически обработанное	—	716 (73)	25	—	—	—	—	ТУ 14-3-310—74		—

Таблица 4.34

Рекомендуемый сортамент бесшовных труб (ГОСТ 8734 и ГОСТ 8732) для технологических трубопроводов

$D_у$, мм	$D_н$×s, мм	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба*, мм	$p_у$, МПа							
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред				Для средне-агрессивных сред		Для агрессивных сред	
						Для сталей марок							
		по наружному диаметру	по толщине стенки			20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**	20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**
10	14×1,6	±0,3 мм	±10%	0,490	18	≤10	≤6,4	≤10	—	—	—	—	—
	14×3			0,814		≤2,5***	≤2,5***	—		≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤10	
15	18×1,6			0,647	28	≤10	≤6,4	≤10		—	—	—	
	18×3			1,11		≤2,5***	≤2,5***	—		≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤10	
20	25×1,6			0,925	50	≤10	≤6,4	≤10		—	—	—	
	25×3	±0,5 мм	+12,5% —15%	1,63		≤2,5***	≤2,5***	—		≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***		
	25×3,5			1,86		—	—			—	—	≤10	
25	32×2	±0,4 мм	±10%	1,48	60	≤10	≤6,4	≤10				—	
	32×3,5	±0,5 мм	+12,5% —15%	2,46		≤2,5***	≤2,5***	—		≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤10	
32	38×2	±0,4 мм	±10%	1,78	70	≤10	≤6,4	≤10	—	—	—		—
	38×3,5	±0,5 мм	+12,5% —15%	2,98		—	—	—				≤10	
	38×4	±0,4 мм	±10%	3,35		≤2,5***	≤2,5***			≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	—	
40	45×2,5			2,62	90	≤10	≤6,4	≤10		—	—		
	45×3,5	±0,5 мм	+12,5% —15%	3,58		—	—	—				≤10	
	45×4			4,04		≤2,5***	≤2,5***			≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	—	
50	57×3	±1%		4,00	110	—	—	≤10		—	—	≤4	
	57×3,5			4,62		≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	—				—	
	57×5			6,41		—	—					6,4; 10	
	57×6			7,55						≤10 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	—	

Продолжение табл. 4.34

$D_у$, мм	$D_н$×s, мм	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба*, мм	$p_у$, МПа							
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред				Для средне-агрессивных сред		Для агрессивных сред	
						Для сталей марок							
		по наружному диаметру	по толщине стенки			20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**	20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**
70	76×3,5	±1%	+12,5% -15%	6,26	225	≤6,4	≤6,4	≤10	–	–	–	≤4	–
	76×4			7,10		10 ≤2,5***	≤2,5***	–				–	
	76×5			8,75		–	–					6,4; 10	
	76×6			10,36						≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	–	
	76×7			11,91						10	–		
80	89×3,5			7,38	250	≤6,4	≤6,4	≤6,4	–	–		≤2,5	
	89×4,5			9,38		10 ≤2,5***	≤2,5***	10				4	
	89×6			12,28		–	–	–		≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***	6,4	
	89×7			14,16						6,4	6,4	10	
	89×8			15,98						10	–	–	
100	108×4			10,26	360	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4		–		≤2,5	
	108×4,5			11,49		–	–	10				4	
	108×5			12,70		10		–				–	
	108×6			15,09		–						6,4	
	108×7			17,44						≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	–	
	108×8			19,73						–	–	10	
	108×9			21,97						10		–	
125	133×4			12,73	400	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4	≤10	–	–	≤2,5	≤4
	133×5			15,78		10	–	–	–			–	6,4
	133×6			18,79		–		10				4	–

Продолжение табл. 4.34

$D_у$, мм	$D_н$×s, мм	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба*, мм	$p_у$, МПа							
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред				Для средне-агрессивных сред		Для агрессивных сред	
						Для сталей марок							
		по наружному диаметру	по толщине стенки			20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**	20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**
125	133×7	±1%	+12,5% -15%	21,75	400	–	–	–	–	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	6,4	10
	133×9			27,52						–	–	10	–
	133×10			30,33						10		–	
150	159×4,5			17,15	450	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4	≤10	–		≤2,5	≤4
	159×6			22,64		10	–	–	–			–	6,4
	159×7			26,24		–		10		≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***	4	–
	159×8			29,79				–		6,4	6,4	6,4	10
	159×10			36,75						–	–	10	–
	159×11			40,15						10		–	
175	194×5			23,31	630	≤6,4	≤6,4			–			
	194×6			27,82		≤2,5***	≤2,5***	≤6,4	≤10			≤2,5	≤4
	194×7			32,28		–	–	–	–			–	6,4
	194×8			36,70		10		10		≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	4	–
	194×9			41,06		–		–		–	–	6,4	10
	194×10			45,38								–	–
	194×12			53,86						10		10	
200	219×7			36,60		≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4	≤10	–		≤2,5	≤6,4
	219×8			41,63		–	–	–	–	≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***	–	–
	219×9			46,61		10		10		–	–	4	
	219×10			51,54		–		–		6,4	6,4	6,4	10
	219×11			56,43						–	–	–	–
	219×14			70,78						10		10	

Продолжение табл. 4.34

$D_у$, мм	$D_н$×s, мм	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба*, мм	$p_у$, МПа							
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред				Для средне-агрессивных сред		Для агрессивных сред	
						Для сталей марок							
		по наружному диаметру	по толщине стенки			20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**	20	10Г2	15Х5М; Х8	15Х5М**
250	273×7	±1,25%	+12,5% –15%	45,92	800	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	–	–		–	–	
	273×8			52,28		–	–	≤6,4	≤10			≤2,5	≤6,4
	273×9			58,60				–	–	≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***	4	–
	273×11			71,07		10				6,4	6,4	–	
	273×12			77,24		–		10		–	–	6,4	10
	273×14			89,42				–				–	–
	273×16		±12,5%	101,41						10		10	
300	325×9		+12,5% –15%	70,14	900	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4 ≤2,5***	≤6,4		–		≤4	
	325×10			77,68		–	–	–	≤10 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***	≤4	–	≤6,4
	325×12			92,63					–	–	–		–
	325×14			107,38		10		10		6,4	6,4	6,4	10
	325×16		+12,5%	121,93		–		–	–	10	–	–	–
	325×18			136,28						–		10	
350	377×9		+12,5% –15%	81,68	1120	≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***					–	
	377×10			90,51		6,4	6,4			≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***		
	377×12			108,02		–	–	≤6,4	≤10	–	–	≤4	≤6,4
	377×14			125,33				–	–			–	–
	377×16		+12,5%	142,44		10		10		6,4	6,4	6,4	10
	377×17			150,93		–		–		–	–	–	–
	377×18			159,36									
	377×20			176,08						10		10	

Продолжение табл. 4.34

$D_у$, мм	$D_н$×s, мм	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба*, мм	$p_у$, МПа							
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред				Для средне-агрессивных сред		Для агрессивных сред	
						Для сталей марок							
		по наружному диаметру	по толщине стенки			2О	1ОГ2	15Х5М; Х8	15Х5М**	2О	1ОГ2	15Х5М; Х8	15Х5М**
4ОО	426×1О	±1,25%	+12,5% –15%	1О2,59	125О	≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***	–	–	–	–	–	–
	426×11			112,58		6,4	6,4			≤4 ≤2,5***	≤4 ≤2,5***		
	426×12			122,52		–	–	≤6,4	≤1О	–	–	≤4	≤6,4
	426×14			142,25				–	–			–	–
	426×16		+12,5%	161,78						6,4	6,4		1О
	426×17			171,47						–	–		–
	426×18			181,11				1О				6,4	
	426×2О			2ОО,25				–				–	
	426×22			219,19								1О	

Примечания:

1. Допустимое рабочее давление для принятой ступени условного давления определяется в зависимости от марки стали и температуры рабочей среды рабочей среды.
2. Размеры труб 14×1,6; 14×3; 18×1,6; 18×3; 25×1,6; 32×2; 38×2; 38×4 и 45×2,5 мм соответствуют ГОСТ 8734, остальных труб – ГОСТ 8732.
3. Для трубопроводов на $p_у$ ≤1,6 МПа применение бесшовных труб по ГОСТ 8732 и 8734 из стали марки 2О и возможность замены их электросварными трубами по ГОСТ 1О7О4 решается проектными организациями в зависимости от условий работы трубопровода и характера среды.
4. Для коммуникационных трубопроводов с большим количеством фланцевых соединений и для межцеховых коммуникаций, где применение основного ряда вызывает необходимость установки большого количества добавочных опор, допускается применение труб размерами 14×3; 18×3; 25×3; 32×3,5; 38×4; 45×4 взамен труб размерами 14×1,6; 18×1,6; 25×1,6; 32×2; 38×2 и 45×2,5 мм.
5. Трубы с $D_у$ = 175 мм применяются только для тепловых сетей. На $D_у$ = 175 мм общепромышленная арматура не выпускается.
6. Толщины стенок труб рассчитаны в соответствии с нормам Ростехнадзора и приняты для неагрессивных и малоагрессивных сред для труб из стали марок 2О и 1ОГ2 без прибавки на коррозию, а для труб из легированной стали марок 15х5М, Х8, применяемых на $p_у$=6,4 МПа и $p_у$=1О МПа с прибавкой на коррозию к расчетной толщине в следующих величинах:

для $D_у$ = 1О–1ОО мм ..... 1,5–3,5 мм

для $D_у$ > 1ОО мм ..... 3–6 мм

Для труб из стали марок 2О и 1ОГ2, предназначенных для работы со среднеагрессивными средами, толщины стенок приняты с прибавкой к расчетной толщине в следующих величинах:

для $D_у$ ≤ 4О мм ..... 1,5–2 мм

для $D_у$ = 5О–1ОО мм ..... 3,5–4,5 мм

для $D_у$ ≥ 125 мм ..... 4–5 мм

7. Для неагрессивных сред скорость коррозии металла принята равной ≤О,О1 мм/год, для малоагрессивных сред – свыше О,О1 до О,1 мм/год, для среднеагрессивных и агрессивных сред – свыше О,1 до О,5 мм/год.

* По оси трубы.

** Сталь со специальной термической обработкой.

*** Трубы, применяемые для плоских приварных фланцев.

Таблица 4.35

Трубы стальные 5лектросварные прямошовные (ГОСТ 10794)

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм										
	1,0	1,2	1,4	(1,5)	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0
10	0,222	0,260	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,2	0,227	0,266	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	0,271	0,320	0,366	0,388	0,410	–	–	–	–	–	–
13	0,296	0,349	0,401	0,425	0,450	–	–	–	–	–	–
14	0,321	0,379	0,435	0,462	0,489	–	–	–	–	–	–
(15)	0,345	0,408	0,470	0,499	0,529	–	–	–	–	–	–
16	0,370	0,438	0,504	0,536	0,568	–	–	–	–	–	–
(17)	0,395	0,468	0,539	0,573	0,608	–	–	–	–	–	–
18	0,419	0,497	0,573	0,610	0,719	0,789	–	–	–	–	–
19	0,444	0,527	0,608	0,647	0,687	0,764	0,838	–	–	–	–
20	0,469	0,556	0,642	0,684	0,726	0,808	0,888	–	–	–	–
21,3	0,501	0,595	0,687	0,732	0,777	0,866	0,952	–	–	–	–
22	0,518	0,616	0,711	0,758	0,805	0,897	0,986	–	–	–	–
(23)	0,543	0,645	0,746	0,795	0,844	0,941	1,04	1,13	1,26	–	–
24	0,567	0,675	0,780	0,832	0,884	0,985	1,09	1,18	1,33	–	–
25	0,592	0,704	0,815	0,869	0,923	1,03	1,13	1,24	1,39	–	–
26	0,617	0,734	0,849	0,906	0,963	1,07	1,18	1,29	1,45	–	
27	0,641	0,764	0,884	0,943	1,00	1,12	1,23	1,35	1,51	–	
28	0,666	0,793	0,918	0,980	1,04	1,16	1,28	1,40	1,57	–	
30	0,715	0,852	0,987	1,05	1,12	1,25	1,38	1,51	1,70	–	
32	0,765	0,911	1,06	1,13	1,20	1,34	1,48	1,62	1,82	2,02	

Продолжение табл. 4.35

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм									
	1,0	1,2	1,4	(1,5)	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8
33	0,789	0,941	1,09	1,17	1,24	1,38	1,53	1,67	1,88	2,09
33,7	–	0,962	1,12	1,19	1,27	1,42	1,56	1,71	1,92	2,13
35	–	1,00	1,16	1,24	1,32	1,47	1,63	1,78	2,00	2,22
36	–	1,03	1,19	1,28	1,36	1,52	1,68	1,83	2,07	2,29
38	–	1,09	1,26	1,35	1,44	1,61	1,78	1,94	2,19	2,43
40	–	1,15	1,33	1,42	1,52	1,70	1,87	2,05	2,31	2,57
42	–	1,21	1,40	1,50	1,59	1,78	1,97	2,16	2,44	2,71
44,5	–	1,28	1,49	1,59	1,69	1,90	2,10	2,29	2,59	2,88
45	–	1,30	1,51	1,61	1,71	1,92	2,12	2,32	2,62	2,91
48	–	–	1,61	1,72	1,83	2,05	2,27	2,48	2,81	3,12
48,3	–	–	1,62	1,73	1,84	2,06	2,28	2,50	2,82	3,14
51	–	–	1,71	1,83	1,95	2,18	2,42	2,65	2,99	3,33
53	–	–	1,78	1,91	2,03	2,27	2,52	2,76	3,11	3,47
54	–	–	1,82	1,94	2,07	2,32	2,56	2,81	3,18	3,54
57	–	–	1,92	2,05	2,19	2,45	2,71	2,97	3,36	3,74
60	–	–	2,02	2,16	2,30	2,58	2,86	3,14	3,55	3,95
63,5	–	–	2,14	2,29	2,44	2,74	3,03	3,33	3,76	4,19
70	–	–	2,37	2,53	2,70	3,03	3,35	3,68	4,16	4,64
73	–	–	2,47	2,64	2,82	3,16	3,50	3,84	4,35	4,85
76	–	–	2,58	2,76	2,94	3,29	3,65	4,00	4,53	5,05
88	–	–	–	–	3,21	3,60	4,00	4,38	4,96	5,54
89	–	–	–	–	3,45	3,87	4,29	4,71	5,33	5,95
95	–	–	–	–	–	–	4,59	–	5,70	–
102	–	–	–	–	–	4,45	4,93	5,41	6,13	6,85
108	–	–	–	–	–	4,71	5,23	5,74	6,50	7,26
114	–	–	–	–	–	4,98	5,52	6,07	6,87	7,68
127	–	–	–	–	–	5,56	6,17	6,77	7,68	8,58
133	–	–	–	–	–	5,82	6,46	7,10	8,05	8,99
140	–	–	–	–	–	6,13	6,81	7,48	8,48	9,47
152	–	–	–	–	–	6,67	7,40	8,13	9,22	10,30
159	–	–	–	–	–	6,98	7,74	8,51	9,65	10,79
168	–	–	–	–	–	7,38	8,19	9,00	10,20	11,41
177,8	–	–	–	–	–	7,81	8,67	9,53	10,81	12,08
180	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
193,7	–	–	–	–	–	–	9,46	10,39	11,79	13,18
219	–	–	–	–	–	–	–	–	13,35	14,93
244,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 4.35

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм										
	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0
26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
32	2,15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
33	2,22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
33,7	2,27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
35	2,37	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
36	2,44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
38	2,59	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
40	2,74	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
42	2,89	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
44,5	3,07	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
45	3,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
48	3,33	3,54	3,84	–	–	–	–	–	–	–	–
48,3	3,35	3,56	3,87	–	–	–	–	–	–	–	–
51	3,55	3,77	4,10	–	–	–	–	–	–	–	–
53	3,70	3,93	4,27	–	–	–	–	–	–	–	–
54	3,77	4,01	4,36	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 4.35

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм											
	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0
57	4,00	4,25	4,62	–	–	–	–	–	–	–	–	–
60	4,22	4,48	4,88	5,27	–	–	–	–	–	–	–	–
63,5	4,48	4,76	5,18	5,59	–	–	–	–	–	–	–	–
70	4,96	5,27	5,74	6,20	6,51	–	–	–	–	–	–	–
73	5,18	5,51	6,00	6,48	6,81	–	–	–	–	–	–	–
76	5,40	5,75	6,26	6,77	7,10	7,93	8,75	9,56	–	–	–	–
83	5,92	6,30	6,86	7,42	7,79	8,71	9,62	10,51	–	–	–	–
89	6,36	6,77	7,38	7,98	8,38	9,38	10,36	11,33	–	–	–	–
95	–	7,24	–	–	–	–	11,10	–	–	–	–	–
102	7,32	7,80	8,50	9,20	9,67	10,82	11,96	13,09	–	–	–	–
108	7,77	8,27	9,02	9,76	10,26	11,49	12,70	13,90	–	–	–	–
114	8,21	8,74	9,54	10,33	10,85	12,15	13,44	14,72	–	–	–	–
127	9,17	9,77	10,66	11,55	12,13	13,59	15,04	16,48	–	–	–	–
133	9,62	10,24	11,18	12,11	12,73	14,26	15,78	17,29	–	–	–	–
140	10,14	10,80	11,78	12,76	13,42	15,04	16,65	18,24	–	–	–	–
152	11,02	11,74	12,82	13,89	14,60	16,37	18,13	19,87	–	–	–	–
159	11,54	12,30	13,42	14,52	15,29	17,15	18,99	20,82	22,64	26,24	29,79	–
168	12,21	13,01	14,20	15,39	16,18	18,14	20,10	22,04	23,97	27,79	31,57	–
177,8	12,93	13,78	15,04	16,31	17,14	19,23	21,31	23,37	25,42	29,49	33,50	–
180	–	–	–	–	17,36	–	21,58	–	–	–	–	–
193,7	14,11	15,03	16,42	17,80	18,71	21,00	23,27	25,53	27,77	32,23	36,64	–
219	15,98	17,03	18,60	20,17	21,21	23,80	26,39	28,96	31,52	36,60	41,63	46,61
244,5	17,87	19,04	20,80	22,56	23,72	26,63	29,53	32,42	35,42	41,00	46,66	52,27
273	–	–	23,26	25,23	26,54	29,80	33,05	36,28	39,51	45,92	52,28	58,60

Продолжение табл. 4.35

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм									
	3,5	3,8	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0
325	–	–	31,67	35,57	39,46	43,34	47,20	54,90	62,54	70,14
355,6	–	–	34,68	38,96	43,23	47,49	51,73	60,18	68,58	76,93
377	–	–	36,79	41,34	45,87	50,39	54,90	63,87	72,80	81,68
406,4	–	–	39,70	44,60	49,50	54,38	59,25	68,95	78,60	88,20
426	–	–	41,63	46,78	51,91	57,04	62,15	72,33	82,47	92,55
(478)	–	–	–	–	58,32	64,09	69,84	81,31	92,73	104,10
530	–	–	–	–	64,74	71,14	77,54	90,29	102,99	115,64
630	–	–	–	–	–	–	–	107,55	122,72	137,83
720	–	–	–	–	–	–	–	123,09	140,47	157,81
820	–	–	–	–	–	–	–	140,35	160,20	180,00
920	–	–	–	–	–	–	–	157,61	179,93	202,20
1020	–	–	–	–	–	–	–	–	199,66	224,39
1120	–	–	–	–	–	–	–	–	219,39	246,59
1220	–	–	–	–	–	–	–	–	–	268,79
1420	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 4.35

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм										
	10	11	12	13	14	16	(17)	17,5	18	19	20
325	77,68	85,18	92,62	100,02	107,37	121,92	129,12	132,70	136,27	143,37	150,43
355,6	85,23	93,48	101,68	109,83	117,93	133,99	141,95	145,91	149,85	157,71	165,52
377	90,51	99,28	108,01	116,69	125,32	142,44	150,92	155,14	159,35	167,74	176,07
406,4	97,76	107,26	116,72	126,12	135,47	154,04	163,24	167,83	172,40	181,51	190,57
426	102,59	112,58	122,52	132,40	142,24	161,77	171,46	176,29	181,10	190,70	200,24
(478)	115,42	126,69	137,91	–	–	–	–	–	–	–	–
530	128,24	140,79	153,30	165,75	178,15	202,82	215,07	221,18	227,28	239,44	251,55
630	152,90	167,92	182,89	197,81	212,68	242,27	257,00	264,34	271,67	286,30	300,87
720	175,10	192,33	209,52	226,66	243,75	277,79	294,73	303,18	311,62	328,47	345,26
820	199,76	219,46	239,12	258,72	278,28	317,25	336,65	346,34	356,01	375,32	394,58
920	224,42	246,59	268,71	290,78	312,81	356,70	378,58	389,50	400,40	422,18	443,91
1020	249,08	273,72	298,31	322,84	347,33	396,16	420,50	432,65	444,79	469,04	493,23
1120	273,74	300,85	327,90	354,90	381,86	435,62	462,43	475,81	481,19	515,89	542,55
1220	298,40	327,97	357,49	386,96	416,38	475,08	504,35	518,97	533,58	562,75	591,88
1420	347,73	382,23	416,68	451,08	485,44	554,00	588,20	605,29	622,36	656,46	690,52

Продолжение табл. 4.35

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм											
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	3О	31	32
53О	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
63О	315,38	329,85	344,28	358,66	–	–	–	–	–	–	–	–
72О	362,О1	378,7О	395,35	411,95	411,95	428,49	444,99	461,44	477,84	51О,49	–	–
82О	413,79	432,96	452,О7	471,13	49О,15	5О9,11	528,О3	546,89	565,71	584,48	–	–
92О	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1О2О	517,37	541,47	565,51	589,51	613,45	637,35	661,2О	685,ОО	7О8,75	732,45	756,1О	779,7О
112О	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
122О	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
142О	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечания:

1. При изготовлении труб по ГОСТ 1О7О6 теоретическая масса увеличивается на 1% за счет усиления шва.
2. По согласованию изготовителя с потребителем изготовляют трубы размерами 41,5×1,5-3,О; 43×1,О; 1,5-3,О; 43,5×1,5-3,О; 52×2,5; 69,6×1,8; 111,8×2,3; 146,1×5,3; 6,5; 7,О; 7,7; 8,5; 9,5; 1О,7; 152,4×1,9; 2,65; 168×2,65; 177,3×1,9; 198×2,8; 2О3×2,65; 299×4,О; 53О×7,5; 72О×7,5; 82О×8,5; 1О2О×9,5; 15,5; 122О×13,5; 14,6; 15,2 мм, а также с промежуточной толщиной стенки и диаметров в пределах табл. 4.1О.
3. Размеры труб, заключенные в скобки, при новом проектировании применять не рекомендуется.

Таблица 4.36

Рекомендуемый сортамент 5лектросварных труб для обечаек аппаратов с наружным базовым размером и для газопроводов (ГОСТ 10704)

$D_у$, *мм*	$D_н$×*s*, *мм*	Допускаемое отклонение по $D_н$, *мм*	Масса 1 м, *кг*	$P_у$, МПа		$D_у$, *мм*	$D_н$×*s*, *мм*	Допускаемое отклонение по $D_н$, *мм*	Масса 1 м, *кг*	$P_у$, МПа	
				Для неагрессивных и малоагрессивных сред	Для неагрессивных сред					Для неагрессивных и малоагрессивных сред	Для среднеагрессивных сред
4ОО	426×4	±4,О	41,63	≤1,О	—	9ОО	92О×6	±6,5	135,2О	≤1,О	—
	426×5		51,91	1,6			92О×8		179,9О	1,6	
	426×7		72,33	—	≤О,6		92О×9		2О2,2О	≤1,6*	≤О,6; ≤О,6*
	426×9		92,56	≤1,6*	1,О; 1,6; ≤1,6*		92О×1О		224,4О	—	1,О;1,О*
45О	48О×4	±4,2	46,95	≤1,О	—		92О×12		268,7О		1,6; 1,6*
	48О×5		58,57	1,6		1ООО	1О2О×6	±7,О	15О,ОО	≤1,О	—
	48О×7		81,65	—	≤О,6		1О2О×9		224,4О	1,6; ≤1,6*	≤О,6; ≤О,6*
	48О×9		1О4,52	≤1,6*	1,О; 1,6; ≤1,6*		1О2О×1О		249,1О	—	1,О;1,О*
5ОО	53О×5	±45	64,73	≤1,6	—						
	53О×7		9О,28	—	≤О,6		1О2О×14		347,3О		1,6; 1,6*
	53О×9		115,62	≤1,6*	1,О; 1,6; ≤1,6*	11ОО	112О×6	±7,5	164,8О	≤1,О	—
6ОО	63О×5	±5,О	77,О6	≤1,О	—		112О×9		246,6О	1,6; ≤1,6*	≤О,6; ≤О,6*
	63О×6		92,33	1,6			112О×11		3ОО,8О	—	1,О;1,О*
	63О×9		137,81	≤1,6*	≤1,О; ≤1,О*		112О×14		381,9О		1,6; 1,6*
	63О×1О		152,89	—	1,6; 1,6*						
7ОО	72О×6	±5,5	1О5,7О	≤1,6	—	12ОО	122О×7	±8,О	2О9,4О	≤1,О	—
	72О×9		157,8О	≤1,6*	≤1,О; ≤1,О*		122О×1О		298,4О	1,6; ≤1,6*	О,6; ≤О,6*
							122О×12		357,5О 1 1.О; 1,О* |	—	1,О;1,О*
	72О×11		192,3О	—	1,6; 1,6*		122О×14		416,4О		1,6; 1,6*
8ОО	82О×6	±6,О	12О,5О	≤1,О	—	14ОО	142О×8	±9,О	278,6О	≤1,О	—
	82О×7		14О,3О	1,6			142О×1О		347,7О	≤1,6	≤О,6; ≤О,6*
	82О×9		18О,ОО	≤1,6*	≤1,О; ≤1,О*		142О×12		416,7О	≤1,6*	1,О;1,О*
	82О×12		239,1О	—	1,6; 1,6*		142О×16		554,ОО	—	1,6; 1,6*

Примечание. Материал труб — сталь Ст3сп по ГОСТ 38О.

*Трубы, применяемые для плоских приварных фланцев.

Таблица 4.37

Рекомендуемый сортамент нержавеющих 5лектросварных труб (ГОСТ 11068) для технологических трубопроводов на $S_у$ □ 2,5 МПа

$D_у$, *мм*	$D_н$×s, *мм*	Допускаемые отклонения*		Масса 1 м, *кг*	Минимальный радиус гиба**, *мм*	$D_у$, *мм*	$D_н$×s, *мм*	Допускаемые отклонения *		Масса 1м, *кг*	Минимальный радиус гиба**, *мм*
		по наружному диаметру	по толщине стенки					по наружному диаметру	по толщине стенки		
1О	12×1,4	±О,4 *мм*	±О,2 *мм*	О,365	18	4О	45×2,5	±1%	±О,25 *мм*	2,62	9О
	12×1,8			О,452			45×3			3,11	
15	2О×2		±О,25 *мм*	О,888	4О	5О	57×2,5			3,36	11О
2О	25×2			1,13	5О		57×3			4,ОО	
25	32×2	±1%		1,48	6О		6О×4		± 1О%	5,52	16О
	32×2,5			1,82		8О	89×3		±О,25 *мм*	6,36	25О
	32×3			2,15			89×3,5			7,38	
32	38×2			1,78	7О		89×4		± 1О%	8,38	
	38×2,5			2,19		1ОО	1О2×3,5			8,5О	36О
	38×3			2,59			1О2×4			9,67	

Приме чания.

1. Материал труб—стали марок О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, 1ОХ17Н13М2Т по ГОСТ 5632.

2. Трубы поставляются в термически обработанном состоянии. Поставка труб без термической обработки должна быть оговорена при заказе.

* Для труб обычной точности изготовления.

** По оси трубы.

Таблица 4.38

Рекомендуемый сортамент бесшовных труб (ГОСТ 9940 и 9941) из высоколегированной стали на $S_у$ □ 10 МПа

$D_у$, *мм*	$D_н$×s, *мм*	Допускаемые отклонения *		Масса 1 м, *кг*	Минимальный радиус гиба**, *мм*	$P_у$, МПа					
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред			Для агрессивных сред		
						Для сталей марок					
		по наружному диаметру	по толщине стенки			08Х18Н10Т	10Х17Н-13М2Т	08Х21Н6М2Т	08Х18Н10Т	10Х17Н-13М2Т	08Х21Н6М2Т
10	14×1,4	±0,45 *мм*	±15%	0,434	18	≤10	≤10	≤10			
	14×2,5			0,709		—	—	—	≤10	≤10	≤10
15	18×1,4			0,572	28	≤10	≤10	≤10	—	—	—
	18×2,5			0,956		—	—	—	≤10	≤10	≤10
20	25×1,4			0,813	50	≤10	≤10	≤10	—	—	—
	25×2,5			1,39		—	—	—	≤10	≤10	≤10
25	32×1,8	±1,2%		1,34	60	≤10	≤10	≤10	—	—	—
	32×2,5			1,76		—	—	—	≤10	≤10	≤10
32	38×2			1,78	70	≤10	≤10	≤10	—	—	—
	38×3			2,59		—	—	—	≤10	≤10	≤10
40	45×2			2,12	90	≤6,4	≤6,4	≤6,4	—	—	—
	45×2,5			2,62		10	10	10	≤6,4	≤6,4	≤6,4
	45×3,5		± 12,5%	3,58		—	—	—	10	10	10
50	56×2		±15%	2,66	110	≤6,4	≤6,4	≤6,4	—	—	—
	56×3			3,92		10	10	10	≤4	≤4	≤4
	56×4		± 12,5%	5,13		—	—	—	6,4; 10	6,4; 10	6,4; 10
70	75×2,5		±15%	4,46	225	≤6,4	≤6,4	≤6,4	—	—	—
	75×3,5		± 12,5%	6,17		10	10	10	≤6,4	≤6,4	≤6,4
	76×5	+1,5% —2,0%	+20% —15%	8,75		—	—	—	10	10	10
80	90×3	±1,2%	± 15%	6,43	250	≤6,4	≤6,4	≤6,4	—	—	—
	89×4,5	+1,5% —2,0%	+20% —15%	9,38		10	10	10	≤6,4	≤6,4	≤6,4
	89×6			12,28		—	—	—	10	10	10

Продолжение табл. 4.38

D_y, *мм*	$D_н$×*s*, *мм*	Допускаемые отклонения*		Масса 1 *м*, *кг*	Минимальный радиус гиба**, *мм*	P_y, МПа					
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред			Для агрессивных сред		
						Для сталей марок					
		по наружному диаметру	по толщине стенки			08Х18Н10Т	10Х17Н13М2Т	08Х21Н6М2Т	08Х18Н10Т	10Х17Н13М2Т	08Х21Н6М2Т
100	110×3,5	±1,2%	±12,5	9,19	360	≤6,4	≤6,4	≤6,4	—	—	—
	110×4,5			11,70		10	10	10	≤6,4	≤6,4	≤6,4
	108×7	+1,5% —2,0%	+20% ±15%	17,44		—	—	—	10	10	10
125	133×5			15,78	400	≤6,4	≤6,4		≤4	≤4	—
	133×6			18,79		10	10		6,4	6,4	
	133×8			24,66		—	—		10	10	
150	159×6	±1,5%		22,64	450	≤6,4	≤6,4		≤4	≤4	
	159×7			26,24		10	10		6,4	6,4	
	159×9			33,29		—	—		10	10	
175	194×9	±1,5%	+20% —15%	41,06	630	≤10	≤10	—	≤6,4	≤6,4	—
	194×11		±15%	49,64		—	—		10	10	
200	219×10		+20% —15%	51,54		≤10	≤10		≤6,4	≤6,4	
	219×12		±15%	61,26		—			10	10	
250	273×11			71,07	800	≤6,4			≤4	—	
	273×12			77,24		10			6,4		
	273×14			89,42		—			10		
300	325×12			92,63	900	≤6,4			≤4		
	325×14			107,38		10			6,4		

Приме чания.

1. Допустимое рабочее давление для принятой ступени условного давления определяется в зависимости от марки стали и от температуры рабочей среды.

2. Толщины стенок труб рассчитаны в соответствии с нормами Ростехнадзора и приняты для труб, работающих с неагрессивными и малоагрессивными средами на p_y=6,4 МПа и p_y=10 МПа с прибавкой на коррозию к расчетной толщине в следующих величинах:

для D_y=10—80 *мм*..... 1—1,5 *мм*
для D_y≥100 *мм*«« ..... 2 *мм*

* Для труб обычной точности изготовления.
** По оси трубы.

Таблица 4.39

Рекомендуемый сортамент бесшовных труб из углеродистой, легированной и высоколегированной сталей для технологических трубопроводов на $S_у$ = 16—40 МПа

$D_у$, *мм*	$D_н \times s$, *мм*	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, *кг*	Минимальный радиус гиба*, *мм*	$P_у$, МПа							
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред				Для агрессивных сред			
						Для сталей марок							
		по наружному диаметру	по толщине стенки			20	15Х5М; 08Х18Н10Т	15Х5М**	10Х17Н13М2Т	20	15Х5М	15Х5М**	08Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т
10	16×2,5	±0,3 *мм*	± 10%	0,832	18	25	—	—	—	—	—	—	—
	18×2,5			0,956	28	16	16		16				
	18×3,5			1,25		—	—						16
	18×4,5			1,50						16	16		
15	22×2,5			1,20	50	20				—	—		
	25×5	±0,5 *мм*	+12,5% —15%	2,47		—				16	16		
20	25×2,5			1,39		16	16		16	—	—		
	25×3,5			1,86		—	—		—				16
	28×2,5			1,57	55	—							—
	28×3			1,85		25							
	28×3,5			2,11		—							
	32×5			3,33	60					16	16		
25	32×2,5			1,76		16	16		16	—	—		
	32×3,5			2,46		—	—		—				16
32	42×3			2,89	70								—
	42×3,5			3,32		20							
	48×6			6,21	100	—				16	16		
40	48×2,5			2,81				16		—	—		
	48×4			4,34		20	16	—	16				
	48×5			5,30		—	—		—			16	16
50	60×3	±1%		4,22	160			16				—	—
	60×4			5,52		16	16	—	16				
	60×6			7,99		—	—		—			16	16
	60×7			9,15						16	16	—	—
60	76×6			10,36	225	20				—	—		
	76×7			11,91		25						16	16
	76×8			13,42		—				16	16	—	—
	76×10			16,28						—	—		

Продолжение табл. 4.39

D_y, *мм*	$D_н \times s$, *мм*	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, *кг*	Минимальный радиус гиба*, *мм*	P_y, МПа							
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред				Для агрессивных сред			
						Для сталей марок							
		по наружному диаметру	по толщине стенки			20	15Х5М; 08Х18Н10Т	15Х5М**	10Х17Н13М2Т	20	15Х5М	15Х5М**	08Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т
70	76×4	±1%	+12,5% —15%	7,10	225	—	—	16	—	—	—	—	—
	76×5			8,75		16	16	—	16				
	89×8			15,98	250	—	—		—			16	16
	89×10			19,48						16	16	—	—
80	89×4,5			9,38				16		—	—		
	89×6			12,28		16	16	—	16				
100	108×6			15,09	360	—	—		—				
	108×8			19,73		20							
	114×6			15,98		—		16					
	114×7			18,47		16		—					
	114×8			20,91		—	16		16				
	114×10			25,65			—		—			16	16-
	114×12			30,19						16	16	—	—
	133×11			33,10	400	25				—	—		
	133×16		±12,5%	46,17		—							
125	133×7		+12,5% —15%	21,75									
	133×9			27,52		20							
	168×16		±12,5%	59,98	500	—				16	16		
150	168×9		+12,5% —15%	35,29				16		—	—		
	168×10			38,97		16		—					
	168×11			42,59		—							
	168×12			46,17		20	16		16				
	168×14			53,17		—	—		—			16	16
	194×16		± 12,5%	70,24	630	25							16
	194×18			78,13		—				16	16	—	—
175	194×10		±12,5% —15%	45,38				16		—	—		
	194×12			53,86		16		—					
	194×14			62,15		20	16		16			16	
	219×16		±12,5%	80,10									
	219×18			89,23		25	—		—				16
	219×20			98,15		—				16	16	—	—
	219×26			123,75						—	—		

Продолжение табл. 4.39

D_y, *мм*	$D_н \times s$, *мм*	Допускаемые отклонения (для труб обычной точности изготовления)		Масса 1 м, *кг*	Минимальный радиус гиба*, *мм*	P_y, МПа								
						Для неагрессивных и малоагрессивных сред					Для агрессивных сред			
						Для сталей марок								
		по наружному диаметру	по толщине стенки			20	12Х1МФ	Х5М; Х5ВФ; Х18Н10Т	Х5М**	Х17Н13М2Т	20	Х5М; Х5ВФ	Х5М**	Х18Н10Т; Х17Н13М2Т
200	219×11	±1%	+12,5% —15%	56,43	630	—	16	—	16	—	—	—	—	—
	219×14			70,78		16	20		—					
	245×18	±1,25%	+12,5%	100,77	710	20	—							
	245×20			110,98		25								
	273×32			190,19	800	—	40							
225	245×14		+12,5% —15%	79,76	710		16							
	273×18		+12,5%	113,20	800	16	20	16		16				
	273×20			124,79		20	—	—		—			16	16
	273×24			147,38		25							—	—
	273×25			152,90		—					16	16		
250	273×14		+12,5% —15%	89,42			16		16		—	—		
	325×28		±12,5%	205,09	900	25 40	—		—		16	16		
	325×38			266,98		—	40				—	—		
300	325×16			121,93			16		16					
	325×20			150,44		16	20		—					
	325×22			164,39		20	—	16		16			16	
	377×32			272,26	1120	25		—		—	16	16	—	
	377×45			368,44		—	40				—	—		
350	377×18			159,36		—	—		16					
	377×25			217,02		16		16	—	16			16	
	426×28			274,83	1250									
	426×35			337,49		—		—		—	16	16	—	
400	426×20			200,25					16		—	—		

Приме чания.

1. Допустимое рабочее давление при принятой ступени условного давления определяется в зависимости от марки стали и температуры рабочей среды.

2. Сортамент труб из сталей марок 20, 15Х5М размерами 16×2,5; 18×2,5; 18×3,5; 18×4,5; 22×2,5 соответствует ГОСТ 8734, остальных труб — ГОСТ 8732. Сортамент труб из сталей марок 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т условных проходов до D_y = 50 *мм* включительно соответствует ГОСТ 9941, остальных труб — ГОСТ 9940.

3. В таблице приведены допускаемые отклонения по наружному диаметру и толщине стенки для труб из сталей марок 20, 15Х5М. Допускаемые отклонения для труб из сталей марок 08Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т должны соответствовать нормам ГОСТ 9941 и 9940 (для труб обычной точности изготовления).

* По оси трубы.

** Сталь со специальной термической обработкой.

Таблица 4.4О

Рекомендуемый сортамент водогазопроводных стальных труб (ГОСТ 3262) (размеры, мм)

Условный проход	Наружный диаметр	Толщина стенок труб			Линейная плотность труб без муфты, кг/м		
		легких	обыкно-венных	усилен-ных	легких	обыкно-венных	усилен-ных
6	1О,2	1,8	2,О	2,5	О,37	О,4О	О,47
8	13,5	2,О	2,2	2,8	О,57	О,16	О,74
1О	17,О	2,О	2,2	2,8	О,74	О,8О	О,98
15	21,3	2,35	—	—	1,1О	—	—
15	21,3	2,5	2,8	3,2	1,16	1,28	1,43
2О	26,8	2,35	—	—	1,42	—	—
2О	26,8	2,5	2,8	3,2	1,5О	1,66	1,86
25	33,5	2,8	3,2	4,О	2,12	2,39	2,91
32	42,3	2,8	3,2	4,О	2,73	3,О9	3,78
4О	48,О	3,О	3,5	4,О	3,33	3,84	4,34
5О	6О,О	3,О	3,5	4,5	4,22	4,88	6,16
65	75,5	3,2	4,О	4,5	5,71	7,О5	7,88
8О	88,5	3,5	4,О	4,5	7,34	8,34	9,32
9О	1О1,3	3,5	4,О	4,5	8,44	9,6О	1О,74
1ОО	114,О	4,О	4,5	5,О	1О,85	12,15	13,44
125	14О,О	4,О	4,5	5,5	13,42	15,О4	18,24
15О	165,О	4,О	4,5	5,5	15,88	17,81	21,63

Таблица 4.41

Рекомендуемый сортамент бесшовных биметаллических труб (ГОСТ 10192)

Наружный диаметр, *мм*	Толщина стенки, *мм*												
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	Теоретический вес 1 пог. м, *кг*, ≈												
6	0,174	0,203	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	0,411	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0,489	0,617	0,742	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	0,646	0,823	1,00	1,16	—	1,42	—	—	—	—	—	—	—
22	—	1,03	—	1,47	1,66	1,82	1,98	—	—	—	—	—	—
25	—	1,18	1,46	1,70	—	2,13	—	2,55	—	—	—	—	—
28	1,039	1,34	—	—	2,19	2,44	—	—	—	—	—	—	—
32	1,200	1,54	—	2,25	2,55	2,82	—	—	—	—	—	—	—
38	1,432	1,86	2,30	—	3,10	—	—	—	—	—	—	—	—
42	—	2,07	—	—	—	—	—	4,68	—	—	—	—	—
45	1,709	2,22	2,75	—	—	—	—	5,06	—	—	—	8,09	—
50	—	2,48	—	—	—	—	—	5,70	—	—	—	9,22	—
55	—	—	3,41	—	—	—	—	—	—	—	9,41	—	—
57	—	—	3,53	—	4,81	—	—	6,58	—	—	—	—	—
60	—	—	3,73	—	5,08	—	—	6,96	—	—	—	—	12,47
65	—	3,25	4,05	—	5,52	—	—	—	—	—	—	—	—
70	—	3,50	—	5,20	—	—	—	8,23	—	—	—	—	—
75	—	3,77	4,69	—	—	—	—	—	—	—	13,38	—	—
80	—	—	—	—	6,87	—	—	9,49	—	—	—	—	—
85	3,27	—	5,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	—	—	—	—	7,77	—	—	10,76	—	—	—	—	—
105	—	—	6,65	—	9,14	—	—	—	—	—	—	—	23,74
110	—	—	—	—	—	10,83	—	13,29	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,84
130	—	—	8,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
135	—	—	—	—	—	13,38	—	16,48	—	—	—	—	—
155	—	—	9,91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160	—	—	—	—	—	—	—	19,63	—	—	—	—	—
180	—	—	11,57	13,79	15,93	—	—	—	—	—	—	—	—
185	—	—	—	—	16,32	—	—	22,83	—	—	—	—	—
205	—	—	—	15,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	21,03	—	26,01	—	—	—	—	—
232	—	—	—	—	20,54	—	—	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41,04	—	—	—
258	—	—	—	—	—	25,95	—	—	—	—	—	—	—
270	—	—	—	—	—	27,18	—	—	—	—	—	—	65,03
290	—	—	—	—	—	—	—	—	43,03	—	—	—	—
310	—	—	—	—	27,54	—	—	38,70	—	—	—	—	—
340	—	—	—	—	—	34,33	—	—	—	—	66,67	—	—
357	—	—	—	—	31,77	—	—	—	—	—	—	—	86,79
370	—	—	—	—	—	—	—	46,31	—	—	—	—	90,05

Настоящий стандарт распространяется на бесшовные холоднокатаные и холоднотянутые биметаллические трубы с наружным слоем из стали марки 10 или 20 по ГОСТ 1050 и внутренним слоем из меди марки М3р по ГОСТ 859.

Таблица 4.42

Рекомендуемый сортамент стальных труб футерованных винипластом и поли5тиленом (ГОСТ 10762)

Условный проход $D_у$	$D_н$	$D_р$, диаметр отбортовки	s	$s_а$	Резьба			l_2	h	Теоретический вес 1 пог. м футерованных труб, кг		
					$d_О$	l	l_1			винипластом	полиэтиленом	
											низкой плотности	высокой плотности
1О*	14	—	1,6	1,О	М14×1,5	18	48	—	—	О,53	О,52	О,52
15	18				М18×1,5					О,71	О,71	О,71
2О*	25		2,О	1,5	М25×1,5	2О	54			1,26	1,22	1,22
25	32				М32×1,5					1,66	1,6О	1,6О
32	38			2,О	М38×1,5	22	6О			2,О6	1,97	1,97
4О	45				М45×1,5					2,43	2,33	2,33
		78					—	5	22			
5О	56/67	—	2,5/3,0		М56×2,О	28	74	—	—	3,73/4,43	3,58/4,28	3,59/4,29
		9О				24	—	5	24			
7О*	75,5	—	4,О	2,5	2$^{1/2}$"труб.	36	92	—	—	7,81	7,55	7,56
		11О				26	—	7,5	27,5			
8О	88,5	—	4,О	3,О	3"труб.	36	92	—	—	9,36	9,О1	9,О3
		122				28	—	7,5	31			
1ОО	114	—			4"труб.	46	116	—	—	12,2О	11,74	11,76
		14О				32	—	9	35			
125	14О	—	4,5	4,О	5"труб.	5О	13О	—	—	17,27	16,51	16,55
		168				34	—	1О	38			
15О	165	—		4,5	6"труб.	54	14О	—	—	2О,47	19,56	19,61
		192				34	—	12,5	4О,5			

Металлическая оболочка труб должна отвечать техническим требованиям ГОСТ 8732, ГОСТ 1О7О7 и ГОСТ 3262.

В качестве футерующего слоя используют трубы, получаемые методом непрерывного выдавливания (экструзии) из следующих композиций:

а) винипласта на основе поливинилхлоридной смолы ПФ-4, не содержащего наполнителей и пластификаторов;

б) полиэтилена низкой плотности марок ПЭ-45О или ПЭ-5ОО;

в) полиэтилена высокой плотности экструзионного.

Таблица 4.43

Рекомендуемый сортамент бесшовных труб для соединяемых сваркой встык трубопроводов высокого давления на $S_у$ = 20–100 МПа

$D_у$, *мм*	$D_н$×s, *мм*	Допускаемые отклонения *		Масса 1 м, *кг*	$P_у$, МПа, для сталей марок				
		по наружному диаметру	по толщине стенки		20	14ХГС	30ХМА; 18Х3МВ	20Х3МВФ	12Х18Н10Т; 03Х17Н14М3
6	11×2,5	±0,3 *мм*	±10%	0,53	—	—	—	—	32
	12×3			0,67	32		40	50	—
	15×4,5			1,17	—	64	80	100	
10	18×3,5			1,25		—	—	—	32
	20×4,5			1,72	32		40	50	—
	25×7		±8%	3,10	—	64	80	100	
15	25×4,5		± 10%	2,27		—	—	—	32
	25×5			2,46	32		40	50	—
	35×9	±0,4 *мм*	±8%	5,77	—	64	80	100	
25	35×5		±10%	3,70	20	—	25	32	
	38×6		±8%	4,73	—		—	—	32
	45×9			7,99	32		40	50	—
	45×10			8,64	—	50	64	80	
	50×12			11,24		64	80	100	
32	45× 6			5,78		—	—	—	20
	45×6,5			6,18	20		25	32	—
	48×7,5			7,50	—		—	—	32
	50×9			9,10	32		40	50	—
	57×12	±0,8%		13,32	—	50	64	80	
	68×16	±1,0%	+15% —8%	20,52		64	80	100	
40	56×7	±0,8%	±8%	8,46		—	—	—	20
	57×7			8,63	20		25	32	—
	60×8,5	±1,0%	+15% —8%	10,80	—		—	—	32
	68× 12			16,57	32		40	50	—
	68×14			18,64	—	50	64	80	
	83×19			29,98		64	80	100	
60	76×9			14,87	20	—	25	32	20
	83×14			23,82	32		40	50	32
	102×20			40,45	—	50	64	80	—
	102×22			43,41		64	80	100	

Продолжение табл. 4.43

D_y, *мм*	$D_н \times s$, *мм*	Допускаемые отклонения *		Масса 1 м, *кг*	P_y, МПа, для сталей марок				
		по наружному диаметру	по толщине стенки		20	14ХГС	30ХМА; 18Х3МВ	20Х3МВФ	12Х18Н10Т; 03Х17Н14М3
70	89×11	±1,0%	+5% —8%	21,16	20	—	25	32	20
	102×16			33,94	32		40	50	32
	114×22			49,92	—	50	64	80	—
	127×28			68,36		64	80	100	
90	114×14			34,53	20	—	25	32	20
	127×18			48,38	32		40	50	32
	140×25			70,90	—	50	64	80	—
	159×36			109,20		64	80	100	
100	127×14			39,0	20	—	25	32	20
	140×20			59,19	32		40	50	32
	159×28			90,46	—	50	64	80	—
	180×40			138,11		64	80	100	
125	159×18			62,59	20		25	32	20
	180×28			104,96	32		40	50	32
	194×36			140,27	—	50	64	80	—
	219×48			202,42		64	80	100	
150	194×20			85,82	20	—	25	32	20
	219×32			147,58	32		40	50	32
	245×45			221,96	—	50	64	80	—
	273×60			315,17		64	80	100	
200	245×25			135,64	20	—	25	32	20
	273×38			220,23	32		40	50	—
	299×50			307,03	—	50	64	80	

Приме чания.
1. Допустимое рабочее давление для принятой ступени условного давления определяется в зависимости от марки стали и температуры рабочей среды.
2. Сортамент труб из сталей марок 20, 14ХГС, 30ХМА, 18Х3МВ и 20Х3МВФ соответствует ТУ 14-3-251. Сортамент труб из сталей марок 12Х18Н10Т и 03Х17Н14М3 соответствует ГОСТ 9940 и 9941.
3. Длина поставляемых труб должна быть не менее 4,5 *м*.

* В таблице приведены допускаемые отклонения по наружному диаметру и толщине стенки для труб из сталей марок 20, 14ХГС, 30ХМА, 18Х3МВ и 20Х3МВФ. Допускаемые отклонения для труб из сталей марок 12Х18Н10Т и 03Х17Н14М3 должны соответствовать ГОСТ 9940 и 9941 (для труб обычной точности изготовления).

Таблица 4.44

Рекомендуемый сортамент бесшовных труб для соединяемых на резьбовых фланцах трубопроводов высокого давления на S_y = 20–100 МПа

D_y, *мм*	$D_н \times s$, *мм*	Допускаемые отклонения* (обычная точность изготовления)		Масса 1 м, *кг*	P_y, МПа, для сталей марок				
		по наружному диаметру	по толщине стенки		20	14ХГС	30ХМА; 18Х3МВ	20Х3МВФ	12Х18Н10Т; 03Х17Н14М3
6	15×4,5	±0,3 *мм*	±10%	1,17	32	64	80	100	32
10	25×7		±8%	3,10	32	64	80	100	32
15	35×9	±0,4 *мм*		5,77	—	64	80	100	—
25	43×10			8,14		—	—	—	32
	45×9			7,99	32		40	50	—
	45×10			8,64	—	50	64	80	
	50×12			11,24		64	80	100	
32	51×10	±0,8%		10,11		—	—	—	32
	50×9	±0,4 *мм*		9,10	32		40	50	—
	57×12	± 0,8%		13,32	—	50	64	80	
	68×16	±1,0%	+15 —8%	20,52		64	80	100	
40	68×13			17,63		—	—	—	32
	68×12			16,57	32		40	50	—
	68×14			18,64	—	50	64	80	
	83×19			29,97		64	80	100	
60	83×14			23,82	32	—	40	50	32
	102×20			40,45	—	50	64	80	—
	102×22			43,41		64	80	100	
70	102×16			33,94	32	—	40	50	32
	114×22			49,92	—	50	64	80	—
	127×28			68,36		64	80	100	

Продолжение табл. 4.44

D_y, *мм*	$D_н$×*s*, *мм*	Допускаемые отклонения* (обычная точность изготовления)		Масса 1 м, *кг*	P_y, МПа, для сталей марок				
		по наружному диаметру	по толщине стенки		20	14ХГС	30ХМА; 18Х3МВ	20Х3МВФ	12Х18Н10Т; 03Х17Н14М3
90	114×14	±1,0%	+15 —8%	34,53	20	—	25	32	20
	127×18			48,38	32		40	50	32
	140×25			70,90	—	50	64	80	—
	159×36			109,20		64	80	100	
100	127×14			39,01	20	—	25	32	20
	140×20			59,19	32		40	50	32
	159×28			90,46	—	50	64	80	—
	180×40			138,11		64	80	100	
125	159×18			62,59	20	—	25	32	20
	180×28			104,96	32		40	50	32
	194×36			140,27	—	50	64	80	—
	219×48			202,42		64	80	100	
150	194×20			85,82	20	—	25	32	20
	219×32			147,58	32		40	50	32
	245×45			221,96	—	50	64	80	—
	273×60			315,17		64	80	100	
200	245×25			135,64	20	—	25	32	20
	273×38			220,23	32		40	50	—
	299×50			307,03	—	50	64	80	

Приме чания.

1. Допустимое рабочее давление для принятой ступени условного давления определяется в зависимости от марки стали и температуры рабочей среды.
2. Сортамент труб из сталей марок 20, 14ХГС, 30ХМА, 18Х3МВ и 20Х3МВФ соответствует ТУ 14-3-251. Сортамент труб из сталей марок 12Х18Н10Т и 03Х17Н14М3 соответствует ГОСТ 9940 и 9941.
3. Длина поставляемых труб должна быть не менее 4,5 м.

* В таблице приведены допускаемые отклонения по наружному диаметру и толщине стенки для труб из сталей марок 20, 14ХГС, 18Х3МВ, 30ХМА и 20Х3МВФ. Допускаемые отклонения для труб из сталей марок 12Х18Н10Т и 03Х17Н14М3 должны соответствовать ГОСТ 9940 и 9941 (для труб обычной точности изготовления).

Таблица 4.45

Присоединительные резьбовые концы под линзовые уплотнения для трубопроводов высокого давления на S_y = 20–100 МПа (ГОСТ 9400)

$D_н$×s, мм	Концы присоединительные для труб						$D_н$×s, мм	Концы присоединительные для труб					
	d	d_1	d_k^*	l_1	l	c		a	d_1	d_k^*	l_1	l	c
15×4,5	M14×1,5	10	8,2	32	22	1	114×22	M110×3	95	78,7	80	70	2
25×7	M24×2	18	13,7		28	1,5	127×14	M125×4	115	109,4	85	75	3
35×9	M33×2	28	20,5	42	35		127×18			95,7			
43×10	M42×2	37	30,8				127×28		95	78,7			
45×9							140×20	M135×4	125	109,4	95	85	
45×10							140×25		115	95,7			
50×9	M48×2	43	41	45	40		159×18	M155×4	145	136,8	100	90	
50×12		40	30,8				159×28		132	109,4			
51×10		43	41				159×36		120	95,7			
57×12	M56×3	48		60	50	2	180×28	M175×6	162	136,8	115	105	4
68×12	M64×3	55	49,9				180×40		132	109,4			
68×13							194×20	M190×6	175	166,2	120	110	
68×14							194×36		162	136,8			
68×16			41				219×32	M215×6	195	166,2	130	120	
83×14	M80×3	72	67	65	55		219×48		165	136,8			
83×19		65	49,9				245×25	M240×6	225	212	140	130	
102×16	M100×3	90	78,7	75	65		245×45		195	166,2			
102×20		82	67				273×38	M265×6	245	212	165	155	
102×22							273×60		195	166,2			
114×14	M110×3	100	95,7	80	70		299×50	M295×6	245	212			

Примечание. Приведенные в таблице размеры присоединительных концов распространяются также на соединительные части трубопроводов и на арматуру.

* Диаметр касания с линзой (теоретический справочный размер).

Таблица 4.46

Рекомендуемый сортамент бесшовных труб для соединяемых на резьбовых муфтах и фланцах трубопроводов высокого давления на $S_у$ = 250 МПа для производства поли5тилена (по данным ɜркутского ɛɜɜхиммаша)

$D_у$, *мм*	$D_н$×*s*, *мм*	Допускаемые отклонения* (обычная точность изготовления)		Масса 1 м, *кг*	Концы присоединительные для труб				
		по наружному диаметру	по толщине стенки		*d*	*l*	l_1	*c*	*R*
3	12×4,5	—0,2	±0,15	0,83	M10×1	20	30	0,5	1,0
6	17×5,5	—0,4	±0,25	1,55	M16×1,5	30	40		1,5
10	28×9	—0,5	±0,5	4,20	M27×2	40	50	1,0	2,0
15	40×12,5		±0,75	8,40	M39×2	45	55		
25	63×19	—0,8	±0,9	20,5	M60×3	60	75	1,5	2,5
32	79×23,5	—1,0	±1,0	32,0	M76×3	70	85		
40	98×29	—1,5		49,0	M95×3	85	100		

Приме чание.
Материал труб — сталь марки 20Х3МВФ по ГОСТ 2072.

4.3. МОКОВКИ СТАЛЬНЫЕ

Из поковок и штамповок изготовляются фланцы, трубные решетки и ряд других деталей аппаратов, когда их невозможно выполнить из листового или сортового проката или по экономическим соображениям.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний стальных поковок в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 4.47.

Режимы ковки и термической обработки поковок должны соответствовать установленным в действующей технической документации.

Размеры поковки должны соответствовать конструкторской документации с припусками на механическую обработку, технологическими напусками и допусками на точность изготовления в соответствии с ГОСТ 7062, ГОСТ 7829 и ГОСТ 7505.

Качество поверхности, механические свойства поковок, допускаемые дефекты и методы устранения дефектов должны соответствовать требованиям ГОСТ 8479, ГОСТ 25054 и ГОСТ 26159.

В случае изготовления поковок по размерам, выходящим за пределы, предусмотренные ГОСТ 8479 и ГОСТ 25054, требования к механическим свойствам поковок должны быть оговорены в проекте.

Поковки из коррозионностойких сталей при наличии требования в проекте должны испытываться на стойкость против межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032.

Поковки из углеродистых, низколегированных и среднелегированных сталей, предназначенные для работы под давлением более условного давления 6,3 МПа (63 кгс/см^2) и имеющие один из габаритных размеров (диаметр) более 200 мм и толщину более 50 мм, следует подвергать поштучному контролю ультразвуковым или другим равноценным методом. Поковки, работающие под давлением не более условного давления 6,3 МПа (63 кгс/см^2), а также поковки из аустенитных и аустенитно-ферритных высоколегированных сталей, работающие под давлением более указанного условного давления, должны подвергаться неразрушающему контролю при наличии этого требования в проекте. Контролю ультразвуковым или другим равноценным методом следует подвергать не менее 50% объема поковки.

Перед запуском в производство каждая поковка для плоских днищ, кроме поковок из высоколегированных сталей, должна быть проконтролирована ультразвуковым методом в зоне соединения плоскости днища и отбортовки.

ГОСТ 25054 распространяется на поковки диаметром (толщиной) до 1000 мм, изготовляемые ковкой и горячей штамповкой из коррозионно-стойких сталей и сплавов марок 20Х13, 09Х16Н4Б, 07Х16Н4Б, 20Х17Н2, 30Х13, 12Х13, 14Х17Н2, 08Х13, 07Х16Н6, 08Х17Н5М3, 08Х18Г8Н2Т, 15Х18Н12С4ТЮ, 08Х21Н6М2Т, 08Х22Н6Т, 10Х14Г14Н4Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 03Х17Н14М3, 08Х17Н15М3Т, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 04Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 03Х18Н11, 03Х21Н21М4ГБ, 10Х23Н18, ХН65МВ, ХН78Т, 06ХН28МДТ, ХН32Т, предназначенные для изделий машиностроения.

Поковки в зависимости от назначения подразделяются на группы, указанные в табл. 4.48.

Таблица 4.47

Поковки

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Ст3сп по ГОСТ 380	КП 195 (20) по ГОСТ 8479	От – 20 до 425	5	Группа IV по ГОСТ 8479	1, 5
20 по ГОСТ 1050	КП 195 (20), КП 215 (22) по ГОСТ 8479	От –30 до 475	Не ограничено		1, 2, 3, 5, 6, 9
20К по ГОСТ 5520					
20, 22К по ОСТ 108.030.113	ОСТ 108.030.113	От –30 до 475		ОСТ 108.030.113	2, 5, 6, 9
22К, 22К-Ш, 22К-ВД, 22К-ВРВ по ТУ 302.02.092	ТУ 302.02.092	От –30 до 475		ТУ 302.02.092	5, 9
20КА по ТУ 05764417-013	ТУ 05764417-013	От –40 до 475		ТУ 05764417-013	–
20Юч по ТУ 26-0303-1532	ТУ 26-0303-1532	От –40 до 475		ТУ 26-0303-1532	
16ГС по ГОСТ 19281	КП 245 (25) по ГОСТ 8479	От –40 до 475		Группа IV по ГОСТ 8479	1, 4, 9

Продолжение табл. 4.47

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
15ГС, 16ГС по ОСТ 1О8.О3О.113	ОСТ 1О8.О3О.113; СТО ОО22О227-ОО6	От –4О до 475	Не ограничено	ОСТ 1О8.О3О.113; СТО ОО22О227-ОО6	4, 9
1ОГ2 по ГОСТ 1О5О	КП 215 (22) по ГОСТ 8479	От –7О до 475		Группа IV по ГОСТ 8479	1, 2, 4, 9
О9Г2С по ГОСТ 19281	КП 245 (25) по ГОСТ 8479	От –7О до 475			1, 4, 9
О9ГСНБЦ по ТУ О5764417-О13	ТУ О5764417-О13	От –4О до 35О		ТУ О5764417-О13	–
О9ХГН2АБ по ТУ О5764417-О13		От –6О до 35О			
2ОХ по ГОСТ 4543	КП 395 (4О) по ГОСТ 8479	От –4О до 475		Группа IV по ГОСТ 8479	1, 9
15ХМ по ГОСТ 4543	КП 275 (28) по ГОСТ 8479	От О до 56О			
15Х5М по ГОСТ 2ОО72	КП 215 (22)	От О до 65О		Группа IV по ГОСТ 8479	1, 2, 9
15Х5ВФ, 15Х5М по ГОСТ 2ОО72	КП 395 (4О) по ГОСТ 8479	От О до 65О		Группа IV по ГОСТ 8479 $\delta \geq 13\%$, $\psi \geq 35\%$, $KCU \geq 5О$ Дж/с^2	1, 2, 9
12Х1МФ по ОСТ 1О8.О3О.113	ОСТ 1О8.О3О.113	От О до 57О		ОСТ 1О8.О3О.113	–
12МХ по ГОСТ 2ОО72	КП 235 (24) по ГОСТ 8479	От О до 54О		Группа IV по ГОСТ 8479	1, 9
12ХМ, 15ХМ по ТУ 3О2.О2.О31	ТУ 3О2.О2.О31	От О до 56О		ТУ 3О2.О2.О31	–
1ОХ2М1А-А по ТУ 1О8.1339	ТУ 1О8.1339	От О до 65О		ТУ 1О8.1339	1О
1ОХ2М1А, 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А-ВД, 1ОХ2М1А-Ш по ТУ 3О2.О2.121	ТУ 3О2.О2.121			ТУ 3О2.О2.121	
15Х2МФА-А по ТУ 3О2.О2.О14	ТУ 3О2.О2.О14	От О до 56О		Группа II по ТУ 3О2.О2.О14	
2ОХ2МА по СТО ОО22О227-ОО6	СТО ОО22О227-ОО6	От О до 475		СТО ОО22О227-ОО6	–
О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 25О54	От –4О до 3ОО		Группа IV по ГОСТ 25О54	1, 9, 11
12Х18Н9Т, 12Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632		От –253 до 61О			1, 2, 8, 9, 11
		От 61О до 7ОО	5		
О8Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632		От –253 до 61О	Не ограничено		1, 9, 11
		От 61О до 7ОО	5		
1ОХ17Н13М2Т по ГОСТ 5632		От –253 до 7ОО	Не ограничено		1, 8, 9, 11
О3Х18Н11 по ГОСТ 5632		От –253 до 45О			1, 9, 11
О3Х7Н14М3 по ГОСТ 5632		От –196 до 45О			
1ОХ17Н13М3Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 25О54	От –196 до 6ОО		Группа IV по ГОСТ 25О54	1, 8, 9, 11
О8Х17Н15М3 по ГОСТ 5632		От –196 до 6ОО			1, 8, 9, 11

Продолжение табл. 4.47

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
О6ХН28МДТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 25О54	От –196 до 4ОО	5	Не ограничено	1, 9, 11
О8Х13, 12Х13 по ГОСТ 5632		От –4О до 55О	6,4		1, 7, 9

Приме чания.

1. Допускается применять поковки группы II для невзрывоопасных сред при давлении менее О,О5 МПа.

2. Допускается наравне с поковками применять стальные горячекатаные кольца для изготовления фланцев из сталей марки 2О по ТУ 14-1-1431 и марок 2О, 1ОГ2, 15Х5М, 12Х18Н1ОТ по ТУ 14-3-375.

3. Допускается применять приварные встык фланцы из поковок группы IV КП 215 (22) по ГОСТ 8479 и горячекатаных колец из стали марки 2О по ГОСТ 1О5О для температуры стенки от –3О°С до –4О°С при условии проведения термообработки - закалки и последующего высокого отпуска или нормализации после приварки фланца к корпусу или патрубку. При этом патрубок, привариваемый к корпусу, должен быть изготовлен из стали марки 16ГС (О9Г2С, 1ОГ2). Ударная вязкость основного металла должна быть не менее 3О Дж/см^2. Допускается применение ответных фланцев штуцеров из стали марки 2О в термообработанном состоянии при температуре стенки от –3О°С до –4О°С.

4. Поковки из сталей марок 15ГС, 16ГС, О9Г2С, 1ОГ2 необходимо испытывать на ударный изгиб при температуре стенки ниже –3О°С. Ударная вязкость должна быть не менее 3О Дж/см^2.

5. Дополнительное испытание на ударный изгиб при –2О°С. Значение ударной вязкости должно быть не менее 3О Дж/см^2.

6. Допускается применять поковки из стали марки 2О толщиной в месте сварки не более 12 мм при температуре стенки не ниже –4О°С без проведения термической обработки сварного соединения.

7. Для изготовления деталей, не подлежащих сварке.

8. При температуре выше 35О°С для сред, не вызывающих межкристаллитную коррозию.

9. Контроль ультразвуковым методом при условиях, оговоренных в 4.4.1 и 4.4.2.

1О. Для каждой плавки определяется фактор J

$$J = (Si + Mn)(P + Sn)10^4 < 100,$$

где концентрация элементов указана в %.

11. Для сред, вызывающих межкристаллитную коррозию, необходимо заказывать поковки группы IVк.

Указанные ТУ действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Таблица 4.48

Классификация поковок по применяемости (ГОСТ 25054)

Группа поковок	Применяемость
I	Для деталей, размеры которых принимаются по конструктивным соображениям (без расчета на прочность) и которые не подвергаются воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию.
II	Для малонагруженных деталей, имеющих запас прочности, превышающий расчетный, и которые не подвергаются воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию.
IIK	Для малонагруженных деталей, имеющих запас прочности, превышающий расчетный, и которые подвергаются воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию.
III	Для малонагруженных деталей, имеющих запас прочности, превышающий расчетный, и которые не подвергаются воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию.
IIIK	Для малонагруженных деталей, имеющих запас прочности, превышающий расчетный, и которые подвергаются воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию
IV	Для изготовления деталей, работающих в условиях сложнонапряженного состояния или подвергающихся динамическим воздействиям и не подвергающихся воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию
IVK	Для изготовления деталей, работающих в условиях сложнонапряженного состояния или подвергающихся динамическим воздействиям и воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию
V	Для изготовления особо ответственных деталей, работающих в условиях сложнонапряженного состояния или подвергающихся динамическим воздействиям и не подвергающихся воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию
VK	Для изготовления особо ответственных деталей, работающих в условиях сложнонапряженного состояния ил и подвергающихся динамическим воздействиям и воздействию среды, вызывающей межкристаллитную коррозию

Обозначение поковок должно состоять из номера группы, обозначения марки стали или сплава и обозначения настоящего стандарта.

Для поковок групп II, IIK, III, IIIK после марки стали или сплава дополнительно указывают значения твердости по Бринеллю.

Для поковок групп IV, IVK, V, VK с механическими свойствами, отличными от указанных в табл. 4.49, в обозначении после марки стали или сплава дополнительно указывают значения показателей механических свойств, отличных от приведенных.

Примеры условных обозначений

Поковки группы I из стали марки О8Х22Н6Т:

Гр. I 08Х22Н6Т ГОСТ 25054-81

То же, группы III из стали марки О8Х22Н6Т твердостью 14О-2ОО НВ:

Гр. III 08Х22Н6Т 140-200 НВ ГОСТ 25054-81

То же, группы V из стали марки О8Х22Н6Т с пределом текучести $\delta_{0,2} \geq 35О$ МПа, относительным удлинением $\delta_5 \geq 2О\%$ и ударной вязкостью $KCU \geq О,8$ МДж/м^2:

Гр. V О8Х22Н6Т — $\delta_{0,2} \geq 35О$ МПа — $\delta_5 \geq 2О\%$ $KCU \geq О,8$ МДж/м^2 ГОСТ 25О54-81.

Механические свойства металла поковок диаметром (толщиной) до 6ОО мм включительно групп IV, IVK, V, VK после окончательной термической обработки, определенные на продольных образцах, и твердость всех групп, кроме группы I, должны соответствовать табл. 4.49.

Механические свойства поковок типа колец, изготовляемых раскаткой, должны соответствовать табл. 4.49.

Свойства поковок из сталей, выплавленных электрошлаковым переплавом, вакуумно-дуговым переплавом и другими рафинирующими способами выплавки, должны устанавливаться по согласованию изготовителя с потребителем, при этом пластические свойства и ударная вязкость должны быть не ниже приведенных в табл. 4.49 для сталей открытой выплавки.

Таблица 4.49

Механические свойства поковок (ГОСТ 25054)

Класс стали	Марка стали	Механические свойства при +20 °С, не менее											Твердость по Бринеллю (на поверхности поковок), не более
		Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Предел прочности σв, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %			Относительное сужение ψ, %			Ударная вязкость KCU, Дж/м^2×104 (кгс·м/см^2)			
				при диаметре (толщине) поковки и сплошного сечения, мм									
				до 200	св. 200 до 500	св. 500 до 1000	до 200	св. 200 до 500	св. 500 до 1000	до 200	св. 200 до 500	св. 500 до 1000	
Мартенситный	20Х13	441 (45)	647 (66)	16	15	14	50	45	40	64 (6,5)	49 (5,0)	39 (4,0)	197–248
	30Х13	588 (60)	735 (75)	12	11	10	40	38	35	39 (4,0)	34 (3,5)	29 (3,0)	235–277
	09Х16Н4Б	784 (80)	931 (95)	8	7	7	42	38	35	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	269–302
	07Х16Н4Б	690 (70)	882 (90)	14	12	11	55	45	40	88 (9,0)	69 (7,0)	59 (6,0)	269–302
	20Х17Н2	666 (68)	813 (83)	15	13	12	40	35	30	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	248–293
Мартенситно-ферритный	12Х13	392 (40)	617 (63)	18	16	15	50	44	40	74 (7,5)	59 (6,0)	49 (5,0)	187–229
	14Х17Н2	539 (55)	686 (70)	15	13	12	40	35	30	59 (6,0)	54 (5,5)	49 (5,0)	248–293
Ферритный	08Х13	392 (40)	539 (55)	17	16	14	50	40	35	83 (8,5)	69 (7,0)	49 (5,0)	187–229
Аустенитно-мартенситный	07Х16Н6	980 (100)	1176 (120)	13	12	12	50	50	50	69 (7,0)	69 (7,0)	69 (7,0)	341–415
	08Х17Н5М3	833 (85)	1176 (120)	15	13	10	40	38	35	69 (7,0)	59 (6,0)	39 (4,0)	341–415
Аустенитно-ферритный	15Х18Н12СЧТЮ	382 (39)	715 (73)	По согласованию									
	08Х18Г8Н2Т	265 (27)	588 (60)	По согласованию									
	08Х21Н6М2Т	343 (35)	539 (55)	22	18	18	40	37	35	78 (8,0)	59 (6,0)	39 (4,0)	140–200
	08Х22Н6Т	343 (35)	539 (55)	20	19	18	40	37	35	78 (8,0)	59 (6,0)	39 (4,0)	140–200
Аустенитный	12Х18Н9Т	196 (20)	510 (52)	40	37	35	48	44	40	–	–	–	170
	04Х18Н10	157 (16)	441 (45)	40	39	38	50	47	45	–	–	–	179
	08Х18Н10	196 (20)	470 (48)	40	39	38	50	47	45	–	–	–	170
	08Х18Н10Т	196 (20)	490 (50)	38	36	35	52	46	40	–	–	–	179
	12Х18Н10Т	196 (20)	510 (52)	38	36	35	52	46	40	–	–	–	179
	03Х18Н11	176 (18)	441 (45)	40	40	40	55	48	45	–	–	–	179
	10Х14Г14Н4Т	245 (25)	637 (65)	По согласованию									
	10Х17Н13М2Т	196 (20)	510 (52)	38	36	30	50	47	45	–	–	–	200
	10Х17Н13М3Т	196 (20)	510 (52)	38	36	30	50	45	40	–	–	–	200
	03Х17Н14М3	176 (18)	470 (48)	40	38	35	55	48	45	–	–	–	179
	08Х17Н15М3Т	196 (20)	490 (50)	38	36	30	50	45	40	–	–	–	200
	12Х18Н9	196 (20)	490 (50)	40	37	35	48	44	40	–	–	–	179
	03Х21Н21М4ГБ	215 (22)	490 (50)	По согласованию									
	10Х23Н18	196 (20)	490 (50)	35	32	30	47	43	40	–	–	–	179
Сплав на никелевой основе	ХН65МВ	294 (30)	735 (75)	35	32	30	40	37	35	–	–	–	220
	ХН78Т	196 (20)	588 (60)	30	27	25	40	37	35	–	–	–	200
Сплав на железо-никелевой основе	06ХН28МДТ	216 (22)	510 (52)	36	33	30	40	35	30	–	–	–	200
	ХН32Т	176 (18)	470 (48)	36	33	30	40	37	35	–	–	–	–

Примечание. Для поковок групп IV и IVК значение твердости браковочным признаком не является. При определении механических свойств поковок на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах допускается снижение норм механических свойств в соответствии с табл. 4.50.

Таблица 4.5О

Механические свойства поковок на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах

Показатели механических свойств	Допускаемое снижение норм механических свойств, %			
	для поперечных образцов	для радиальных образцов	для тангенциальных образцов поковок диаметром	
			до 3ОО мм	св. 3ОО мм
Предел прочности	1О	1О	5	5
Предел текучести	1О	1О	5	5
Относительное удлинение	5О	35	25	3О
Относительное сужение	4О	35	2О	25
Ударная вязкость	5О	4О	25	3О

Химический состав сталей и сплавов для поковок должен соответствовать требованиям ГОСТ 5632.

Поковки из сталей и сплавов, предусмотренных ГОСТ 5632, а также сплавов марок ХН32Т, ХН78Т и ХН65МВ должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии.

Поковки должны подвергаться термической обработке. Режимы термической обработки приведены в табл. 4.51.

Число термических обработок должно быть не более двух.

Таблица 4.51

Рекомендуемые режимы термообработки поковок (ГОСТ 25054)

Марка стали	2ОХ13	3ОХ13	О7Х16Н4Б	О9Х16Н4Б
Режим термической обработки	Закалка 1ООО–1О5О °С на воздухе или в масло, отпуск 66О–77О °С, охлаждение на воздухе	Закалка 1ООО–1О5О °С в масло, отпуск 7ОО–75О °С, охлаждение на воздухе	Закалка 1О5О °С в масло, отпуск 65О °С – 1 ступень, отпуск 635 °С – 2 ступень, охлаждение на воздухе	Нагрев 114О °С, выдержка 5–5,5 ч, охлаждение на воздухе, отпуск 6ОО–62О °С, охлаждение на воздухе; закалка 1О3О–1О5О °С, охлаждение на воздухе или в масло, отпуск 6ОО–62О °С, охлаждение на воздухе; закалка 1О3О–1О5О °С, охлаждение на воздухе или в масло, отпуск 6ОО–62О °С, охлаждение на воздухе
Марка стали	2ОХ17Н2	12Х13	14Х17Н2	О8Х13
Режим термической обработки	Закалка 1ООО–1О5О °С в масло, отпуск 68О–7ОО °С, охлаждение на воздухе	Закалка 1ООО–1О5О °С в масло, отпуск 7ОО–79О °С, охлаждение на воздухе	Закалка 98О–1О2О °С в масло, отпуск 68О–7ОО °С, охлаждение на воздухе	Закалка 1ООО–1О5О °С в масло, отпуск 7ОО–78О °С, охлаждение в масле
Марка стали	О7Х16Н6	О8Х17Н5М3	О8Х18Г8Н2Т	15Х18Н12С4ТЮ
Режим термической обработки	Закалка 1ООО °С в воду, на воздухе, обработка холодом – 7О °С, 2 ч, старение 38О–4ОО °С, охлаждение на воздухе	Закалка (96О±1О) °С на воздухе с последующей обработкой холодом при –7О °С, выдержка 2 ч, старение 38О–4ОО °С, 1 ч, охлаждение на воздухе	Закалка 95О–1О4О °С в воду	Закалка 95О °С в воду

Марка стали	О8Х21Н6М2Т	О8Х22Н6Т	1ОХ14Г14Н4Т
Режим термической обработки	Закалка 1ООО–1О5О °С в воду	Закалка 1ООО–1О5О °С в воду	Закалка 1ООО–1О8О °С в воду

Марка стали	1ОХ17Н13М2Т	1ОХ17Н13М3Т	О3Х17Н14М3
Режим термической обработки	Закалка 1О5О–11ОО °С в воду или на воздухе	Закалка 1О5О–11ОО °С в воду или на воздухе	Закалка 1О8О–11ОО °С в воду

Марка стали	О8Х17Н15М3Т	12Х18Н9	12Х18Н9Т
Режим термической обработки	Закалка 1О5О–11ОО °С в воду или на воздухе	Закалка 1О5О–11ОО °С в воду	Закалка 1О5О–11ОО °С на воздухе или в воду

Продолжение табл.4.51

Марка стали	04Х18Н10	08Х18Н10	08Х18Н10Т
Режим термической обработки	Закалка 1050–1100 °С в воду	Закалка 1050–1100 °С в воду или на воздухе	Закалка 1050–1100 °С в воду или на воздухе

Марка стали	12Х18Н10Т	03Х18Н11	03Х21Н21М4ГБ
Режим термической обработки	Закалка 1050–1100 °С в воду или на воздухе	Закалка 1050–1100 °С в воду или на воздухе	Закалка 1060–1080 °С в воду

Марка стали	10Х23Н18	ХН65МВ	ХН78Т
Режим термической обработки	Закалка 1000–1050 °С в воду или на воздухе	Закалка (1070±20) °С в воду	Закалка 980–1020 °С в воду или на воздухе

Марка стали	06ХН28МДТ	ХН32Т
Режим термической обработки	Закалка 1050-1100 °С в воду или на воздухе	Закалка 1100-1150 °С в воду или на воздухе

Номинальные размеры (в мм) изделий из стали различного качества (диаметр, сторона квадрата, диаметр круга, вписанного в шестиугольник):

болванка обжатая — 140; 160; 180; 190; 200; 250; 280; 300; 320; 360; 400; 450;

заготовка квадратная — 40; 50; 45; 56; 60; 63; 70; далее до 110 через 5 мм; 120; 125; 130; далее до 220 через 10 мм;

сталь кованая круглая или квадратная — 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 68; 70; 73; 75; 78; 80; 83; 85; далее до 200 через 5 мм.

Пример обозначения:

$$Кдуг\frac{40\ ГОСТ\ 1133}{Ст\ 5сп\ ГОСТ\ 380-2005}$$

4.4. ОТЛИВКИ СТАЛЬНЫЕ

Из отливок изготовляются фланцы, крышки и ряд других деталей аппаратов, главным образом тогда, когда этих деталей требуется достаточно большое количество, и поэтому литье является экономически целесообразным.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний стальных отливок в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 4.52.

Отливки стальные должны применяться в термообработанном состоянии с проверкой механических свойств после термической обработки.

Вид и режим термической обработки устанавливает предприятие—изготовитель отливок.

Сталь для отливок должна выплавляться в мартеновских или электрических печах, способ выплавки указывается в сертификате.

Отливки по форме и размерам должны соответствовать требованиям проекта. Допускаемые отклонения по размерам и массе отливок, а также припуски на механическую обработку принимаются по III классу точности ГОСТ 26645.

Качество поверхности отливок должно соответствовать требованиям ГОСТ 977 и соответствующим техническим условиям.

На поверхности отливок, подлежащих механической обработке, допускаются без исправления дефекты, если глубина залегания их не превышает 2/3 припуска на механическую обработку.

В соответствии с ГОСТ 977 в зависимости от назначения и требований, предъявляемых к деталям, отливки

подразделяют на три группы в соответствии с табл. 4.53. Дефекты отливок, влияющие на прочность и ухудшающие их товарный вид, подлежат исправле- нию. Виды, количество, размеры и расположение дефектов, подлежащих исправлению, а также способы их исправления определяются соответствующими техническими условиями и чертежами заказчика на детали из отливок.

Отливки из легированных и коррозионностойких сталей подвергаются контролю макро- и микрострук- туры при наличии требований в технических условиях или проектах.

Исследование макро- и микроструктуры произво- дится по инструкции предприятия-изготовителя.

Отливки из коррозионностойких сталей при на- личии требований в проекте должны быть испытаны на стойкость против межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6О32 методом, указанным в проекте.

Образцы для испытания механических свойств должны изготовляться в соответствии с требованиями ГОСТ 977.

Каждая полая отливка, работающая при давлении свыше О,О7 МПа (О,7 кгс/см^2), должна подвергаться гидравлическому испытанию пробным давлением, указанным в технических условиях и ГОСТ 356.

Испытание отливок, прошедших на предприятии-из- готовителе 1ОО-процентный контроль неразрушающими методами, допускается совмещать с испытанием собран- ного узла или сосуда пробным давлением, установлен- ным для узла или сосуда.

Таблица 4.52

Материалы для стальных отливок (ГОСТ 34347)

Марка стали	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
2ОЛ, 25Л по ГОСТ 977	ГОСТ 977; ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	От –3О до 45О	Не ограничено	Группа 3 по ГОСТ 977; ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	1, 2
35Л, 45Л по ГОСТ 977					3
2ОГМЛ по СТ ЦКБА О14-2ОО4	СТ ЦКБА О14-2ОО4	От –6О до 45О		СТ ЦКБА О14-2ОО4	–
2ОХМЛ по ГОСТ 977	ГОСТ 977; ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	От –4О до 54О		Группа 3 по ГОСТ 977	
2ОХ5МЛ по ГОСТ 977		От –4О до 6ОО		Группа 3 по ГОСТ 977; ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	
2ОХ5ТЛ по ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	От –4О до 425		ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	
2ОХ5ВЛ по ТУ 4112-О91-ОО22О3О2		От –4О до 55О			
2ОХ8ВЛ по ГОСТ 977	ГОСТ 977; ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	От –4О до 6ОО		Группа 3 по ГОСТ 977; ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	
2ОХН3Л по ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	От –7О до 45О		ТУ 4112-О91-ОО22О3О2 и ударная вязкость при температуре –7О°С, если температура стенки ниже –3О°С	
1ОХ18Н9Л, 12Х18Н9ТЛ, 12Х18Н-12М3ТЛ по ГОСТ 977	ГОСТ 977	От –253 до 6ОО		Группа 3 по ГОСТ 977, ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	
1ОХ21Н6М2Л по ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	От –4О до 3ОО		ТУ 4112-О91-ОО22О3О2	

Приме чания.

1. При содержании углерода более О,25% сварку необходимо проводить с предварительным подогревом и последующей термической обработкой.

2. Допускается применять отливки из углеродистых сталей марок 2ОЛ, 25Л до температуры стенки –4О°С при условии проведения термической обработки в режиме нормализации плюс отпуск или закалка плюс отпуск.

3. Для несвариваемых деталей.

Указанные ТУ действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

В зависимости от конструкционных требований к деталям для стальных отливок используют следующие марки сталей (ГОСТ 977):

1. Конструкционные нелегированные: 15Л, 2ОЛ, 25Л, 3ОЛ, 35Л, 4ОЛ, 45Л, 5ОЛ;
2. Конструкционные легированные: 2ОГЛ, 35ГЛ, 2ОГСЛ, 3ОГСЛ, 2ОГ1ФЛ, 2ОФЛ, 3ОХГСФЛ, 45ФЛ, 32ХО6Л, 4ОХЛ, 2ОХМЛ, 2ОХМФЛ, 2ОГНМФЛ, 35ХМЛ, 3ОХНМЛ, 35ХГСЛ, 35НГМЛ, 2ОДХЛ, О8ГДНФЛ, 13ХНДФТЛ, 12ДН2ФЛ, 12ДХН1МФЛ, 23ХГС2МФЛ, 12Х7Г3СЛ, 25Х2ГНМФЛ, 27Х5ГСМЛ, 3ОХ3С3ГМЛ, О3Н12Х5М3ТЛ, О3Н12Х-5М3ТЮЛ;
3. Конструкционные легированные, применяемые в договорно-правовых отношениях между странами — членами СЭВ: 15ГЛ, 3ОГЛ, 45ГЛ, 7ОГЛ, 55СЛ, 4ОГ1, 5ФЛ, 15ФЛ, 3ОХЛ, 25ХГЛ, 35ХГЛ, 5ОХГЛ, 6ОХГЛ, 7ОХ2ГЛ, 35ХГФЛ, 4ОХФЛ, 3ОХМЛ, 4ОХМЛ, 4ОХНЛ, 4ОХН2Л, 3ОХГ1, 5МФРЛ, 75ХНМФЛ, 4ОГТЛ, 2ОГНМЮЛ;
4. Легированные со специальными свойствами:
   а) мартенситного класса: 2ОХ13Л, О8Х14НДЛ, О9Х16Н4БЛ, О9Х17Н3СЛ, 1ОХ12НДЛ — коррозионно-стойкие; 2ОХ5МЛ, 2ОХ8ВЛ, 4ОХ9С2Л — жаростойкие; 2ОХ12ВНМФЛ — жаропрочная; 85Х4М5Ф2В6Л (Р6М5Л), 9ОХ4М4Ф2В6Л (Р6М-4Ф2Л) — быстрорежущие;
   б) мартенситно-ферритного класса: 15Х13Л — коррозионно-стойкая;
   в) ферритного класса: 15Х25ТЛ — коррозионно-стойкая;
   г) аустенитно-мартенситного класса: О8Х15Н-4ДМЛ, О8Х14Н7МЛ, 14Х18Н4Г4Л — коррозионно-стойкие;

д) аустенитно-ферритного класса: 12Х25Н5ТМФЛ, 16Х18Н12С4ТЮЛ, 1ОХ18Н3ГЗД2Л — коррозионно-стойкие; 35Х23Н7СЛ, 4ОХ24Н12СЛ, 2ОХ2ОН14С2Л — жаростойкие;

е) аустенитного класса: 1ОХ18Н9Л, 12Х18Н9ТЛ, 1ОХ18Н11БЛ, О7Х17Н16ТЛ, 12Х18Н12М3ТЛ — коррозионно-стойкие; 55Х18Г14С2ТЛ, 15Х23Н18Л, 2ОХ25Н19С2Л, 18Х25Н19СЛ, 45Х17Г13Н3ЮЛ — жаростойкие; 35Х18Н24С2Л, 31Х19Н9МВБТЛ, 12Х18Н12БЛ, О8Х17Н34В5Т3Ю2РЛ, 15Х18Н22В6М2РЛ, 2ОХ21Н46В8РЛ — жаропрочные; 11ОГ13Л, 11ОГ13Х2БРЛ, 11ОГ13ФТЛ, 13ОГ14ХМФАЛ, 12ОГ1ОФЛ — износостойкие;

5. Легированные со специальными свойствами, применяемые в договорно-правовых отношениях между странами — членами СЭВ:

а) мартенситно-ферритного класса: 15Х14НЛ, О8Х12Н4ГСМЛ — коррозионно-стойкие;

б) аустенитно-ферритного класса: 12Х21Н5Г2СЛ, 12Х21Н5Г2СТЛ, 12Х21Н5Г2СМ2Л, 12Х19Н7Г2САЛ, 12Х21Н5Г2САЛ, О7Х18Н1ОГ2С2М2Л; 15Х18Н1ОГ2С2М2Л, 15Х18Н1ОГ2С2М2ТЛ — коррозионно-стойкие.

В зависимости от назначения и требований, предъявляемых к деталям, отливки разделяются на три группы в соответствии с табл. 4.53 (ГОСТ 977).

Таблица 4.53

Группа отливок	Назначение	Характеристика отливок	Перечень контролируемых показателей качества
1	Отливки общего назначения	Отливки для деталей, конфигурация и размеры которых определяются только конструктивными и технологическими соображениями	Внешний вид, размеры, химический состав
2	Отливки ответственного назначения	Отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при статических нагрузках	Внешний вид, размеры, химический состав, механические свойства; предел текучести или временное сопротивление и относительное удлинение
3	Отливки особо ответственного назначения	Отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических и динамических нагрузках	Внешний вид, размеры, химический состав, механические свойства; предел текучести или временное сопротивление, относительное удлинение и ударная вязкость

Примечания.

1. При необходимости введения дополнительных показателей, не предусмотренных табл. 4.53 для данной группы отливок, их наличие и соответствующие нормы должны быть указаны в КД и (или) НТД.

По требованию потребителя в число дополнительных контролируемых показателей могут быть включены: твердость, излом металла, механические свойства для отливок со стенкой толщиной свыше 1ОО мм, механические свойства при пониженных и повышенных температурах, герметичность, микроструктура, плотность, коррозионная стойкость, жаростойкость, стойкость против межкристаллитной коррозии и другие.

Для отливок 3-й группы, предназначенных для изделий, подлежащих приемке представителем заказчика, работающих при пониженных температурах и подвергающихся динамическим нагрузкам, при наличии указания в КД и (или) НТД ударная вязкость стали определяется при температуре минус 5О °С. Нормы ударной вязкости при этом указывают в КД и (или) НТД на конкретную продукцию.

2. Возможность установления в качестве нормируемого показателя относительного сужения вместо относительного удлинения указывается в КД и (или) НТД.

3. Возможность увеличения норм прочности при соответствующем снижении норм пластичности и вязкости указывают в КД и (или) НТД.

4. Нормы, возможность снижения уровня механических свойств на образцах, вырезанных из отливок, указывают в КД.

5. Для отливок 2-й и 3-й группы, предназначенных для изделий, подлежащих приемке представителем заказчика, заменять контролируемый показатель «Предел текучести» показателем «Временное сопротивление» допускается только по требованию представителя заказчика.

Обозначение отливки в технических требованиях чертежа:

Для отливок 1-й группы:*Отливки 1-й группы* ГОСТ 977-88.

Для отливок 2-й группы:*Отливки 2-й группы* ГОСТ 977-88.

Для отливок 3-й группы:*Отливки 3-й группы* ГОСТ 977-88.

Механические свойства конструкционной нелегированной и легированной стали для отливок со стенкой толщиной до 1ОО мм при комнатной температуре после окончательной обработки должны соответствовать нормам, приведённым в табл. 4.54, легированной стали со специальными свойствами – в табл. 4.55.

Таблица 4.54

Механические свойства конструкционной нелегированной и легированной стали для отливок со стенкой толщиной до 100 мм при комнатной температуре (ГОСТ 977)

Марка стали	Категория прочности	Предел текучести σт, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужениеψ, %	Ударная вязкость KCU, кДж/м^2	Категория прочности	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, кДж/м^2
		Не менее						Не менее				
	Нормализация или нормализацияс отпуском						Закалка и отпуск					
Стали конструкционные нелегированные												
15Л	К2О	196	392	24	35	491	–	–	–	–	–	–
2ОЛ	К2О	216	412	22	35	491	–	–	–	–	–	–
25Л	К2О	235	441	19	3О	392	КТ3О	294	491	22	33	343
3ОЛ	К25	255	471	17	3О	343	КТ3О	294	491	17	3О	343
35Л	К25	275	491	15	25	343	КТ35	343	54О	16	2О	294
4ОЛ	К3О	294	52О	14	25	294	КТ35	343	54О	14	2О	294
45Л	К3О	314	54О	12	2О	294	КТ4О	392	589	1О	2О	245
5ОЛ	К3О	334	569	11	2О	245	КТ4О	392	736	14	2О	294
Стали конструкционные легированные												
2ОГЛ	К25	275	54О	18	25	491	КТ3О	334	53О	14	25	383
35ГЛ	К3О	294	54О	12	2О	294	КТ35	343	589	14	3О	491
2ОГСЛ	К3О	294	54О	18	3О	294	–	–	–	–	–	–
3ОГСЛ	К35	343	589	14	25	294	КТ4О	392	638	14	3О	491
2ОГ1ФЛ	К3О	314	51О	17	25	491	–	–	–	–	–	–
2ОФЛ	К3О	294	491	18	35	491	–	–	–	–	–	–
3ОХГСФЛ	К4О	392	589	15	25	343	КТ6О	589	785	14	25	441
45ФЛ	К4О	392	589	12	2О	294	КТ5О	491	687	12	2О	294
32ХО6Л	–	–	–	–	–	–	КТ45	441	638	1О	2О	491
4ОХЛ	–	–	–	–	–	–	КТ5О	491	638	12	25	392
2ОХМЛ	К25	245	441	18	3О	294	–	–	–	–	–	–
2ОХМФЛ	К25	275	491	16	35	294	–	–	–	–	–	–
2ОГНМФЛ	К5О	491	589	15	33	491	КТ6О	589	687	14	3О	589
35ХМЛ	К4О	392	589	12	2О	294	КТ55	54О	687	12	25	392
3ОХНМЛ	К55	54О	687	12	2О	294	КТ65	638	785	1О	2О	392
35ХГСЛ	К35	343	589	14	25	294	КТ6О	589	785	1О	2О	392
35НГМЛ	–	–	–	–	–	–	КТ6О	589	736	12	25	392
2ОДХЛ	К4О	392	491	12	3О	294	КТ55	54О	638	12	3О	392
О8ГДНФЛ	К35	343	441	18	3О	491	–	–	–	–	–	–
13ХНДФТЛ	К4О	392	491	18	3О	491	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 4.54

Марка стали	Категория прочности	Предел текучести от, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужениеψ, %	Ударная вязкость KCU, кДж/м^2	Категория прочности	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, кДж/м^2
		Не менее						Не менее				
	Нормализация или нормализацияс отпуском						Закалка и отпуск					
12ДН2ФЛ	К55	54О	638	12	2О	294	КТ65	638	785	12	25	392
12ДХН1МФЛ	К65	638	785	12	2О	294	КТ75	735	981	1О	2О	294
23ХГС2МФЛ	–	–	–	–	–	–	КТ11О	1О79	1275	6	24	392
12Х7Г3СЛ	–	–	–	–	–	–	КТ11О	1О79	1324	9	4О	589
25Х2ГНМФЛ	–	–	–	–	–	–	КТ5О	491	638	12	3О	589
25Х2ГНМФЛ	–	–	–	–	–	–	КТ11О	1О79	1275	5	25	392
27Х5ГСМЛ	–	–	–	–	–	–	КТ12О	1177	1472	5	2О	392
3ОХ3С3ГМЛ	–	–	–	–	–	–	КТ15О	1472	1766	4	15	196
О3Н12Х5М3ТЛ	–	–	–	–	–	–	КТ13О	1275	1324	8	45	491
О3Н12Х5М3ТЮЛ	–	–	–	–	–	–	КТ145	1422	1472	8	35	294
15ГЛ	К2О	235	413	22	35	373	–	–	–	–	–	–
3ОГЛ	К3О	334	579	2О	25	2О6	КТ45	481	628	16	2О	235
45ГЛ	К3О	334	579	14	25	285	КТ3О	334	628	13	2О	285
7ОГЛ	–	–	785	4	–	–	–	–	–	–	–	–
55СЛ	К3О	334	687	1О	–	–	КТ4О	392	736	12	–	–
4ОГ1, 5ФЛ	–	–	–	–	–	–	КТ5О	52О	819	8	2О	285
15ХЛ	К2О	196	383	3О	3О	373	–	–	–	–	–	–
3ОХЛ	К25	285	53О	15	3О	265	КТ4О	432	677	15	3О	4О2
25ХГЛ	–	–	–	–	–	–	КТ3О	3О4	579	12	2О	2О6
35ХГЛ	К3О	334	628	14	25	137	КТ35	383	726	1О	2О	167
5ОХГЛ	–	–	687	5	–	–	–	–	775	13	–	–
6ОХГЛ	–	–	785	4	–	285	КТ3О	338	628	13	2О	285
7ОХ2ГЛ	–	–	785	4	–	–	–	–	–	–	–	–
35ХГФЛ	К4О	392	638	13	–	285	КТ5О	491	687	15	–	383
4ОХФЛ	К55	579	77О	1О	18	245	КТ9О	883	1177	4	8	196
3ОХМЛ	К25	285	53О	18	25	3О4	КТ3О	334	677	14	25	265
4ОХМЛ	К3О	334	628	14	25	2О6	КТ45	481	677	11	2О	2О6
4ОХНЛ	–	–	–	–	–	–	КТ45	481	672	12	25	383
4ОХН2Л	К35	373	638	15	25	285	КТ55	54О	785	12	2О	334
3ОХГ1, 5МФРЛ	К65	638	981	4	5	49	КТ95	932	1275	2	4	147
75ХНМФЛ	–	–	981	3	–	–	–	–	–	–	–	–
4ОГТЛ	К3О	323	6О8	14	25	285	КТ4О	422	726	1О	2О	334
2ОГНМЮЛ	К35	343	5ОО	18	3О	491	–	–	–	–	–	–

Примечание. 1), 2) Характеристики механических свойств получены при режиме термической обработки, указанном в табл. 4.58.

Механические свойства легированной стали со специальными свойствами приведены в табл. 4.55.

Область применения отливок из конструкционной легированной стали приведена в табл. 4.56.

Область применения отливок из легированной стали со специальными свойствами приведена в табл. 4.57.

Режимы термообработки отливок из конструкционной нелегированной и легированной сталей приведены в табл. 4.58.

Режимы термообработки отливок из легированных сталей со специальными свойствами приведены в табл. 4.59.

Таблица 4.55

Механические свойства легированной стали со специальными свойствами

Класс стали	Марка стали	Предел текучести σт, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение, δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, кДж/м^2
		Не менее				
Стали легированные со специальными свойствами						
Мартенситный	2ОХ5МЛ	392	589	16	3О	392
	2ОХ8ВЛ	392	589	16	3О	392
	2ОХ13Л	441	589	16	4О	392
	О8Х14НДЛ	51О	648	15	4О	59О
	О9Х16Н4БЛ1)	785	932	1О	–	392
	О9Х16Н4БЛ2)	883	1128	8	–	245
	О9Х17Н3СЛ1)	736	981	8	15	196
	О9Х17Н3СЛ2)	736	932	8	2О	245
	О9Х17Н3СЛ3)	638	834	6	1О	–
	4ОХ9С2Л	Не нормируются				
	1ОХ12НДЛ	441	638	14	3О	294
	2ОХ12ВНМФЛ	491	589	15	3О	294
Мартенситно-ферритный	15Х13Л	392	54О	16	45	491
Ферритный	15Х25ТЛ	275	441	–	–	–
Аустенитно-мартенситный	О8Х15Н4ДМЛ	589	736	17	45	981
	О8Х14Н7МЛ	687	981	1О	25	294
	14Х18Н4Г4Л	245	441	25	35	981
Аустенитно-ферритный	12Х25Н5ТМФЛ	392	54О	12	4О	294
	35Х23Н7СЛ	245	54О	12	–	–
	4ОХ24Н12СЛ	245	491	2О	28	–
	2ОХ2ОН14С2Л	245	491	2О	25	–
	16Х18Н12С4ТЮЛ	245	491	15	3О	275
	1ОХ18Н3Г3Д2Л	491	687	12	25	294
Аустенитный	1ОХ18Н9Л	177	441	25	35	981
	12Х18Н9ТЛ	196	441	25	32	59О
	1ОХ18Н11БЛ	196	441	25	35	59О
	О7Х17Н16ТЛ	196	441	4О	55	392
	12Х18Н12М3ТЛ	216	441	25	3О	59О
	55Х18Г14С2ТЛ	–	638	6	–	147
	15Х23Н18Л	294	54О	25	3О	981
	2ОХ25Н19С2Л	245	491	25	28	–
	18Х25Н19СЛ	245	491	25	28	–
	45Х17Г13Н3ЮЛ	–	491	1О	18	981
	15Х18Н22В6М2РЛ	196	491	5	–	–
	О8Х17Н34В5Т3Ю2РЛ	687	785	3	3	–
	2ОХ21Н46В8РЛ	–	441	6	8	294
	35Х18Н24С2Л	294	549	2О	25	–
	31Х19Н9МВБТЛ	294	54О	12	–	294
	12Х18Н12БЛ	196	392	13	18	196
	11ОГ13Х2БРЛ	491	–	22	3О	1962
	13ОГ14ХМФАЛ	441	883	5О	4О	2453

Продолжение табл. 4.55

Класс стали	Марка стали	Предел текучести σт, МПа	Временное сопротивление σв, МПа	Относительное удлинение, δ, %	Относительное сужение ψ,%	Ударная вязкость KCU, кДж/м²
		Не менее				
Мартенситный	85Х4М5Ф2В6Л (Р6М5Л)	Не регламентируются				
	9ОХ4М4Ф2В6Л (Р6М4Ф2Л)	Не регламентируются				
Мартенситно-ферритный	15Х14НЛ1)	289	481	15	5О	294
	15Х14НЛ2)	383	579	15	5О	441
	О8Х12Н4ГСМЛ	549	736	15	35	54О
Аустенитно-ферритный	12Х21Н5Г2СЛ	343	549	22	2О	59О
	12Х21Н5Г2СТЛ	343	549	12	1О	196
	12Х21Н5Г2СМ2Л	343	549	22	2О	59О
	12Х19Н7Г2САЛ	24О	481	2О	3О	59О
	12Х21Н5Г2САЛ	334	657	18	2О	245
	О7Х18Н1ОГ2С2М2Л	177	432	3О	35	441
	15Х18Н1ОГ2С2М2Л	216	432	3О	35	785
	15Х18Н1ОГ2С2М2ТЛ	196	432	2О	–	–

Таблица 4.56

Область применения конструкционных легированных сталей

Марка стали	Область применения
2ОГЛ	Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны и др. детали, к которым предъявляются требования по прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
35ГЛ	Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны, шкивы и др. тяжелонагруженные детали экскаваторов, крышки подшипников, цапфы
2ОГСЛ	Корпусные детали гидротурбин, работающие при температуре до 45О °С
3ОГСЛ	Зубчатые колеса, ролики, обоймы, зубчатые венцы, рычаги, фланцы, шкивы, сектора, колонны, ходовые колеса и другие детали
2ОГ1ФЛ	Рамы, балки, корпуса и др. детали вагонов
2ОФЛ	Литые детали вагонов, металлургического и горнодобывающего оборудования
3ОХГСФЛ	Литые детали экскаваторов
45ФЛ	Износостойкие литые детали для тракторов и металлургического оборудования
32ХО6Л	Кронштейны, балансиры, катки, другие ответственные детали со стенкой толщиной до 5О мм и общей массой детали до 8О кг
4ОХЛ	Детали повышенной прочности, а также работающие на износ
2ОХМЛ	Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, цилиндры, обоймы и другие корпусные детали, работающие при температуре до 5ОО °С
2ОХМФЛ	Детали арматуры, корпусные детали, цилиндры, работающие при температуре до 54О °С
2ОГНМФЛ	Сварные конструкции больших сечений, бандажи цементных печей
35ХМЛ	Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, печные детали и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
3ОХНМЛ	Ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 4ОО °С
35ХГСЛ	Зубчатые колеса, звездочки, оси, валы, муфты и др. ответственные детали, от которых требуется повышенная износостойкость
35НГМЛ	Ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
2ОДХЛ	То же

Продолжение табл. 4.56

Марка стали	Область применения
08ГДНФЛ	Сварные конструкции, ответственные детали со стенкой толщиной до 700 мм, к которым предъявляются требования высокой вязкости и достаточной прочности, работающие при температурах не более 350 °С
13ХНДФТЛ	Сварные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования достаточной прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 500 °С
12ДН2ФЛ	Сварные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования достаточной прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 400 °С
12ДХН1МФЛ	Сварные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
23ХГС2МФЛ	Детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 30 мм, работающие в условиях циклических и ударных нагрузок и в условиях ударно-абразивного износа
12Х7Г3СЛ	Ответственные высоконагруженные детали со стенкой толщиной до 100 мм, работающие в условиях статических и динамических нагрузок
25Х2ГНМФЛ	Детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 50 мм, работающие в условиях статических и динамических нагрузок
27Х5ГСМЛ	Высоконагруженные детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 50 мм, работающие в условиях ударных нагрузок и ударно-абразивного износа
30Х3С3ГМЛ	Высоконагруженные детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 30 мм, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости
03Н12Х5М3ТЛ	Высоконагруженные детали ответственного назначения, со стенкой толщиной до 200 мм
03Н12Х5М3ТЮЛ	То же

Таблица 4.57

Область применения легированной стали со специальными свойствами

Класс стали	Марка стали	Основное свойство	Область применения
Легированные со специальными свойствами			
Мартенситный	20Х13Л	Несколько менее коррозионностойкая в атмосферных условиях по сравнению со сталью марки 15Х13Л	Детали, подвергающиеся ударным нагрузкам (турбинные лопатки, клапаны гидравлических прессов, арматура крекинг-установок, сегменты сопел, формы для стекла, рамы садочных окон, предметы домашнего обихода и др.), а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред (атмосферные осадки, влажный пар, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре)
	08Х14НДЛ	Коррозионностойкая в морской воде и атмосферных условиях. Коррозионная стойкость выше, чем у стали марок 15Х13Л и 20Х13Л	Детали, работающие в морской воде (гребные винты и другие)
	09Х16Н4БЛ	Коррозионностойкая. Высокопрочная при нормальной температуре, устойчива против окисления в атмосферных условиях при температуре до 500 °С	Детали повышенной прочности для авиационной, химической и других отраслей промышленности
	09Х17Н3СЛ	Коррозионностойкая сталь. Высокопрочная при нормальной температуре	Детали повышенной прочности для авиационной, химической и других отраслей промышленности, работающие в средах средней агрессивности (азотная и слабые органические кислоты, растворы солей органических и неорганических кислот)
	20Х5МЛ	Жаростойкая в горячих нефтяных средах, содержащих сернистые соединения. Жаростойкость до 600 °С	Детали арматуры нефтеперерабатывающих установок, печные двойники, корпуса насосов, др. детали, работающие в нефтяных средах под давлением при температуре до 550 °С

Продолжение табл. 4.57

Класс стали	Марка стали	Основное свойство	Область применения
Мартенситный	2ОХ8ВЛ	Жаростойкая в более агрессивных сернистых средах по сравнению со сталью марки 2ОХ5МЛ, жаростойкость до 6ОО °С	Те же детали, работающие в условиях сильно сернистых нефтяных сред под давлением при температуре до 575 °С
	4ОХ9С2Л	Жаростойкая при температуре до 8ОО °С, жаропрочная при температуре до 7ОО °С	Детали, работающие длительное время под нагрузкой при температуре до 7ОО °С (клапаны моторов, колосники, крепежные детали)
	1ОХ12НДЛ	Кавитационностойкая. Коррозионностойкая и эрозионностойкая в условиях проточной воды Сталь не склонна к отпускной хрупкости, не флокеночувствительна	Элементы сварных конструкций рабочих колес гидротурбин, детали гидротурбин (лопатки, детали проточной части), работающие в условиях кавитационного разрушения
	2ОХ12ВНМФЛ	Коррозионностойкая, жаропрочная до 65О °С	Литые детали турбин (цилиндры, сопла, диафрагмы и арматура) с рабочей температурой до 6ОО °С
Мартенситно-ферритный	15Х13Л	Коррозионностойкая в атмосферных условиях, в речной и водопроводной воде. Наивысшая коррозионная стойкость достигается термической обработкой и полировкой	Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (турбинные лопатки, клапаны гидравлических прессов, арматура крекинг-установок и другие), а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред (атмосферные осадки, влажный пар, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре)
Ферритный	15Х25ТЛ	Коррозионностойкая, жаростойкая при температуре до 11ОО °С, обладает удовлетворительной сопротивляемостью межкристаллитной коррозии	Детали, не подвергающиеся действиям постоянных и переменных нагрузок (аппаратура для дымящейся азотной или фосфорной кислот), многие детали химического машиностроения, в том числе работающие в условиях контакта с мочевиной, печная арматура, плиты и другие
Аустенитно-мартенситный	О8Х15Н4ДМЛ	Коррозионностойкая в морской воде и атмосферных условиях. По сравнению с О8Х14НДЛ менее чувствительна к концентраторам напряжений	Детали, работающие в морской воде (тяжелонагруженные гребные винты ледоколов и др.)
	О8Х14Н7МЛ	Коррозионностойкая	Детали изделий, работающих при комнатных и низких (до минус 196 °С) температурах
	14Х18Н4Г4Л	Коррозионностойкая. Обладает большей, чем сталь марки 1ОХ18Н9Л склонностью к межкристаллитной коррозии	Арматура для химической промышленности, коллекторы выхлопных систем, детали печной арматуры и др.
Аустенитно-ферритный	12Х25Н5ТМФЛ	Коррозионностойкая, жаростойкая при температуре до 6ОО °С	Арматура химической промышленности, детали авиационной и других отраслей промышленности, а также детали, работающие под высоким давлением до 3ОО атм (3О МПа)
	16Х18Н12С4ТЮЛ	Коррозионностойкая	Сварные изделия, работающие в агрессивных средах, в частности для концентрированной азотной кислоты при температуре 1О5 °С
	35Х23Н7СЛ	Коррозионностойкая в сернистых средах, жаростойкая при температуре до 1ООО °С	Детали трубчатых печей нефтезаводов и другие детали, работающие при температуре до 1ООО °С. Рекомендуется взамен стали марки 4ОХ24Н12СЛ
	4ОХ24Н12СЛ	Коррозионностойкая, жаростойкая при температуре до 1ООО °С, жаропрочная	Детали, работающие при высокой температуре и давлении (лопатки компрессоров и сопловых аппаратов, печные конвейеры, шнеки, крепежные детали и другие)
	2ОХ2ОН14С2Л	Сталь жаростойкая до 1ООО-1О5О °С, устойчива в науглероживающей среде	Печные конвейеры, шнеки для цементации и другие детали, работающие при высоких температурах в нагруженном состоянии

Продолжение табл. 4.57

Класс стали	Марка стали	Основное свойство	Область применения
Аустенитно-ферритный	1ОХ18Н3Г3Д2Л	Кавитационностойкая, имеет повышенную стойкость от песчаной эрозии по сравнению со сталью марки 1ОХ12НДЛ	Литые лопатки и сварные детали рабочей части гидротурбин, работающих при напорах, не превышающих 8О л/ч в сечениях до 3ОО мм
Аустенитный	1ОХ18Н9Л	Коррозионностойкая, жаростойкая до 75О °С. Не стойкая в сернистых средах. При содержании углерода в стали не более О,О7% стойкая против межкристаллитной коррозии	Арматура для химической промышленности, коллекторы выхлопных систем, детали печной арматуры, плиты для травильных корзин и другие детали, работающие при температуре до 4ОО °С
	12Х18Н9ТЛ	Коррозионностойкая, жаростойкая до 75О °С, жаропрочная при температуре до 6ОО °С. Обладает высокой стойкостью против газовой и межкристаллитной коррозии	Арматура для химической промышленности, коллекторы выхлопных систем, детали печной арматуры, ящики и крышки для травильных корзин и другие детали
	1ОХ18Н11БЛ	Коррозионностойкая, жаропрочная при температуре до 8ОО °С. Нечувствительна к межкристаллитной коррозии	Те же детали, а также детали газовых турбин разного назначения, детали турбокомпрессоров, работающих при малых нагрузках. Детали аппаратов целлюлозной, азотной, пищевой и мыловаренной промышленности
	О7Х17Н16ТЛ	Коррозионностойкая. Обладает малой магнитной восприимчивостью, высокой стойкостью против газовой и межкристаллитной коррозии, хорошей обрабатываемостью резанием	Литые фасонные детали ответственного назначения, к которым предъявляются требования по малой магнитной восприимчивости, высокой коррозионной стойкости и хорошей обрабатываемости резанием
	12Х18Н12М3ТЛ	Коррозионностойкая, жаропрочная, не подвержена межкристаллитной коррозии при температуре до 8ОО °С	Детали, устойчивые при воздействии сернистой кипящей, фосфорной, муравьиной, уксусной и других кислот, а также детали, длительное время работающие под нагрузкой при температуре до 8ОО °С
	55Х18Г14С2ТЛ	Коррозионностойкая сталь, жаростойкая до температуры 95О °С. В среде сернистой кислоты нестойкая	Те же детали, которые изготовляют из стали марки 4ОХ24Н12СЛ
	15Х23Н18Л	Жаропрочная до 9ОО °С. При температуре 6ОО-8ОО °С склонна к охрупчиванию из-за образования сигма-фазы	Детали установок для химической, нефтяной и автомобильной промышленности, газопроводы, камеры сгорания сопловых аппаратов. Детали печной арматуры, не требующие высокой механической прочности (может применяться для нагревательных элементов сопротивления)
	2ОХ25Н19С2Л	Коррозионностойкая, жаростойкая при температуре до 11ОО °С	Реторты для отжига, части печей и ящики для цементации
	18Х25Н19СЛ	Коррозионностойкая, кислотоупорная, жаростойкая	Детали паровых и газовых турбин, котельных установок, лопаток и венцов компрессоров и сопловых аппаратов турбин и другие детали, работающие при высоких температурах
	45Х17Г13Н3ЮЛ	Коррозионностойкая, стойкая против коррозии в сернистых средах. Жаростойкая при температуре до 9ОО °С, жаропрочная	Детали отпускных, закалочных и цементационных печей, подовые плиты, короба, тигли для соляных ванн и другие детали, работающие при высоких температурах. Рекомендуется как заменитель стали марки 4ОХ24Н12СЛ
	35Х18Н24С2Л	Коррозионностойкая, жаростойкая при температуре до 11ОО-12ОО °С, жаропрочная	Детали, работающие при высоких температурах в сильнонагруженном состоянии (печные конвейеры, шнеки, крепежные детали)
	31Х19Н9МВБТЛ	Сталь жаропрочная	Рабочие колеса турбины турбокомпрессоров, турбинные и направляющие аппараты

Продолжение табл. 4.57

Класс стали	Марка стали	Основное свойство	Область применения
Аустенитный	12Х18Н12БЛ	Коррозионностойкая, жаропрочная до 650 °С	Литые детали энергоустановок с длительным сроком работы при 600-650 °С и ограниченным при 700 °С
	08Х17Н-34В5Т3Ю2РЛ	Жаростойкая при температуре до1000 °С	Сопловые и рабочие лопатки газовых турбин, цельнолитые роторы и другие детали, работающие при температуре до 800 °С
	15Х18Н22В6М2РЛ	Жаростойкая при температуре до 1000 °С, жаропрочная при температуре до 800 °С	Детали двигателей авиационной промышленности (рабочие и сопловые лопатки газовых турбин и другие)
	20Х21Н46В8РЛ	Жаростойкая при температуре до 1000 °С, жаропрочная при температуре до 800 °С.	Детали двигателей авиационной промышленности (рабочие и сопловые лопатки газовых турбин и другие)
	110Г13Л	Высокое сопротивление износу при одновременном воздействии высоких давлений или ударных нагрузок	Корпуса вихревых и шаровых мельниц, щеки дробилок, трамвайные и железнодорожные стрелки и крестовины, гусеничные траки, звездочки, зубья ковшей экскаваторов и другие детали, работающие на ударный износ
	110Г13ФТЛ	Высокое сопротивление ударно-абразивному изнашиванию, высокая хладостойкость	Корпуса вихревых и шаровых мельниц, щеки дробилок, трамвайные и железнодорожные стрелки и крестовины, гусеничные траки, звездочки, зубья ковшей экскаваторов и другие детали, работающие на ударный износ; детали металлургического и горнообогатительного оборудования
	130Г14ХМФАЛ	Высокое сопротивление износу при одновременном воздействии высоких давлений или ударных нагрузок. Высокая стойкость против абразивного изнашивания, высокая хладостойкость. Сохраняет высокое значение ударной вязкости в упрочненном состоянии (в процессе эксплуатации деталей)	Корпуса вихревых и шаровых мельниц, щеки дробилок, трамвайные и железнодорожные стрелки и крестовины, гусеничные траки, звездочки, зубья ковшей экскаваторов и другие детали, работающие на ударный износ
	120Г10ФЛ	Высокое сопротивление абразивному износу	Звенья гусениц тракторов и другие детали, работающие в условиях абразивного износа
	110Г13Х2БРЛ	Высокое сопротивление износу при одновременном воздействии высоких давлений или ударных нагрузок	Для спецпродукции
Мартенситный	85Х4М5Ф2В6Л (Р6М5Л)	Высокая износоустойчивость, теплостойкая	Литые заготовки для инструмента, получаемого последующим методом горячей пластической деформации (ковка, горячее выдавливание) и для литого металлорежущего инструмента (применяются для отливок 1-ой группы)
	90Х4М4Ф2В6Л (Р6М4Ф2Л)	Высокая износоустойчивость, теплостойкая	То же
Мартенситно-ферритный	15Х14НЛ	Коррозионностойкая в воде, влажном паре, разбавленной азотной кислоте и слабых органических кислотах. Повышенная стойкость против кавитации	Применяется в договорно-правовых отношениях
	08Х12Н4ГСМЛ	Коррозионностойкая в воде, влажном паре, разбавленной азотной кислоте и слабых органических кислотах	То же

Продолжение табл. 4.57

Класс стали	Марка стали	Основное свойство	Область применения
Аустенитно-ферритный	12Х21Н5Г2СЛ	Коррозионностойкая на воздухе, в азотной кислоте, очень разбавленной серной кислоте и слабых или разбавленных органических кислотах	Применяется в договорно-правовых отношениях
	12Х21Н5Г2СТЛ	Коррозионностойкая на воздухе, в азотной кислоте, очень разбавленной серной кислоте и слабых или разбавленных органических кислотах, более стойкая против межкристаллитной коррозии, чем сталь 1ОХ18Н9Л	То же
	12Х21Н5Г2СМ2Л	Коррозионностойкая в ряде неорганических и органических кислот	“
	12Х19Н7Г2САЛ	Коррозионностойкая на воздухе, в азотной кислоте, очень разбавленной серной кислоте и слабых или разбавленных органических кислотах	“
	12Х21Н5Г2САЛ	Коррозионностойкая на воздухе, в азотной кислоте, очень разбавленной серной кислоте и слабых или разбавленных органических кислотах	“
	О7Х18Н1ОГ2С2М2Л	Коррозионностойкая в ряде неорганических и органических кислот, более стойкая против межкристаллитной коррозии, чем сталь марки 15Х18Н1ОГ2С2М2Л	“
	15Х18Н1ОГ2С2М2Л	Коррозионностойкая в ряде неорганических и органических кислот	“
	15Х18Н1ОГ2С2М2ТЛ	Коррозионностойкая в ряде неорганических и органических кислот, более стойкая против межкристаллитной коррозии, чем сталь марки 15Х18Н1ОГ2С2М2Л	“

Таблица 4.58

Режимы термической обработки конструкционной нелегированной и легированной сталей

Марка стали	Режим термической обработки			
	Нормализация и отпуск		Закалка и отпуск	
	Нормализация	Отпуск	Закалка	Отпуск
	Температура, °С			
15Л	91О–93О или	–	–	–
	91О–93О	67О–69О	–	–
2ОЛ	88О–9ОО или	–	–	–
	88О–9ОО	63О–65О	–	–
25Л	88О–9ОО	61О–63О	87О–89О	61О–63О
3ОЛ	88О–9ОО	61О–63О	86О–88О	61О–63О
35Л	86О–88О	6ОО–63О	86О–88О	6ОО–63О
4ОЛ	86О–88О	6ОО–63О	86О–88О	6ОО–63О
45Л	86О–88О	6ОО–63О	86О–88О	6ОО–63О
5ОЛ	86О–88О	6ОО–63О	86О–88О	6ОО–63О
2ОГЛ	88О–9ОО	6ОО–65О	87О–89О	62О–65О

Продолжение табл. 4.58

Марка стали	Режим термической обработки			
	Нормализация и отпуск		Закалка и отпуск	
	Нормализация	Отпуск	Закалка	Отпуск
	Температура, °С			
35ГЛ	880–900	600–650	850–860	600–650
20ГСЛ	870–890	570–600	– 920–	– 570–
30ГСЛ	870–890	570–600	950 –	650 –
20Г1ФЛ	930–970	600–650	– 900–	– 630–
20ФЛ	920–960	600–650	920	670
30ХГСФЛ	900–930	600–650	880–920	600–650
45ФЛ	880–920	600–650	890–910	620–660
32Х06Л	–	–	850–870	600–650
40ХЛ	– 880–	– 600–	–	–
20ХМЛ	890	650	– 910–	– 640–
20ХМФЛ	970–1000 и 960–980	710–740	930	660
20ГНМФЛ	910–930	600–650	860–870	600–650
35ХМЛ	860–880	600–650	860–870	600–650
30ХНМЛ	860–880	600–650	870–880	630–670
35ХГСЛ	870–890	570–600	860–880	600–650
35НГМЛ	– 880–	– 560–	880–890	560–600
20ДХЛ	890	600 –	–	–
08ГДНФЛ	920–950 или	590–650	–	–
	920–950	– 530–	–	–
13ХНДФТЛ	950–970 или	560	–	–
	900–920	530–560или	–	–
12ДН2ФЛ	910–930			
	Предварительная обработка		Окончательная обработка 890–	
	940–950	–	910	560–600
12ДХН1МФЛ	940–960 или	–	–	–
	890–910	520–630	890–910	520–630
23ХГС2МФЛ	Предварительная обработка 1000–		Окончательная обработка 1000–	
	1040	720–740	1020	180–220
12Х7Г3СЛ	Предварительная обработка 940–		Окончательная обработка 880–	
	960	650–720	900	200–250
25Х2ГНМ-ФЛ1)	Предварительная обработка		Окончательная обработка	
	900–950	650–700	880–920	630–700
25Х2ГНМ-ФЛ2)	Предварительная обработка		Окончательная обработка	
	900–950	660–680	900–950	260–300
27Х5ГСМЛ	Предварительная обработка 970–		Окончательная обработка 980–	
	990	700–720	1000	200–220
30Х3С3ГМЛ	Предварительная обработка		Окончательная обработка	
	970–990	700–720	980–1000	200–220
15ГЛ	900–920	550–650	– 840–	– 570–
30ГЛ	860–890	550–650	860	610
45ГЛ	870–890	570–600	840–860	600–650
70ГЛ	790–820	580–650	– 820–	– 650–
55СЛ	840–880	650–720	850	720
40Г1, 5ФЛ	– 900–	– 550–	860–870	640–660
15ХЛ	930	650	– 890–	– 620–
30ХЛ	900–920	550–650	910	660
25ХГЛ	– 850–	– 550–	860–890	500–680
35ХГЛ	880	650	840–860	500–680
50ХГЛ	820–850	620–650	830–850	620–650
60ХГЛ	850–890	630–680	–	–

Продолжение табл. 4.58

Марка стали	Режим термической обработки			
	Нормализация и отпуск		Закалка и отпуск	
	Нормализация	Отпуск	Закалка	Отпуск
	Температура, °С			
7ОХ2ГЛ	82О–86О	63О–68О	– 84О–	– 7ОО–
35ХГФЛ	85О–89О	7ОО–74О	88О	74О
4ОХФЛ	87О–89О	5ОО–52О	87О–89О	5ОО–52О
3ОХМЛ	85О–89О	55О–65О	84О–87О	53О–67О
4ОХМЛ	85О–88О	55О–65О	83О–86О	53О–67О
4ОХНЛ	86О–9ОО	55О–65О	83О–87О	55О–65О
4ОХН2Л	86О–9ОО	55О–65О	83О–87О	55О–65О
3ОХГ1, 5МФРЛ	91О–96О	–	87О–89О	22О–28О
4ОГТЛ	87О–92О	62О–66О	68О–88О	62О–66О
75ХНМФЛ	84О–87О	63О–67О	–	–
2ОГНМЮЛ	88О–92О	6ОО–7ОО	–	–

1), 2) — режимы термической обработки, обеспечивающие получение уровня механических свойств, указанного в табл. 4.54

Примечания.

1. Для стали марки 4ОХФЛ допускается применять отпуск после нормализации.

2. Для стали марки 23ХГС2МФЛ приведенные режимы предварительной термической обработки могут заменяться закалкой с отпуском, отжигом или отпуском.

3. Для стали марок О3Н12Х5М3ТЛ и О3Н12Х5М3ТЮЛ рекомендуется применять термическую обработку по режиму: гомогенизация при температуре 118О–12ОО °С; закалка с 1ООО °С; старение при температуре 5ОО °С.

Таблица 4.59

Режимы термообработки легированных сталей со специальными свойствами

Класс стали	Марка стали	Рекомендуемый режим термической обработки
Мартенситный	2ОХ5МЛ	Отжиг при 94О–96О °С, нормализация при 94О–96О °С, охлаждение на воздухе; отпуск при 68О–72О °С, охлаждение на воздухе
	2ОХ8ВЛ	То же
	2ОХ13Л	Отжиг при 94О–96О °С; закалка с 1О4О–1О6О °С, охлаждение в масле или на воздухе; отпуск при 74О–76О °С, охлаждение на воздухе
	О8Х14НДЛ	Закалка с 1ООО–12ОО °С, охлаждение на воздухе; отпуск при 66О–7ОО °С, охлаждение на воздухе
	О9Х16Н4БЛ1)	Нормализация при 1О4О–1О6О °С, охлаждение на воздухе; отпуск при 6ОО–62О °С, охлаждение на воздухе; закалка с 95О–1О5О °С, охлаждение в масле или на воздухе; отпуск при 6ОО–62О °С, охлаждение на воздухе
	О9Х16Н4БЛ2)	Нормализация при 1О4О–1О6О °С, охлаждение на воздухе; отпуск при 6ОО–62О °С, охлаждение на воздухе; закалка с 95О–1О5О °С, охлаждение в масле; отпуск при 29О–31О °С, охлаждение на воздухе
	О9Х17Н3СЛ1)	Отжиг при 66О–67О °С; закалка с 1О4О–1О6О °С, охлаждение в масле; отпуск при 3ОО–35О °С, охлаждение на воздухе
	О9Х17Н3СЛ2)	Закалка с 1О4О–1О6О °С, охлаждение в масле; отпуск при 54О–56О °С, охлаждение на воздухе
	О9Х17Н3СЛ3)	Отпуск при 67О–69О °С, охлаждение на воздухе
	4ОХ9С2Л	Без термической обработки
	1ОХ12НДЛ	Нормализация при 94О–96О °С, охлаждение на воздухе или закалка с 95О–1О5О °С, охлаждение со скоростью 3О °С/ч; отпуск при 65О–68О °С
	2ОХ12ВНМФЛ	Отжиг, отпуск при 71О–73О °С, 1О–15 ч, охлаждение с печью до 2ОО °С; двойная нормализация: 11ОО и 1О5О °С, охлаждение со скоростью не менее 3ОО °С/ч, обдувка воздухом; отпуск при 71О–73О °С, 1О–15 ч, охлаждение с печью до 2ОО °С. Мелкие отливки (толщина стенки до 5 мм) могут подвергаться одной нормализации при температуре 1О7О–1О9О °С
Мартенситно–ферритный	15Х13Л	Отжиг при 94О–96О °С; закалка с 1О4О–1О6О °С, охлаждение в воде, масле или на воздухе; отпуск при 74О–76О °С, охлаждение на воздухе

Продолжение табл. 4.59

Класс стали	Марка стали	Рекомендуемый режим термической обработки
Ферритный	15Х25ТЛ	Без термической обработки
Аустенитно–мартенситный	О8Х15Н4ДМЛ	Закалка с 1О3О–1О5О °С, охлаждение на воздухе. Отпуск при 6ОО–62О °С, охлаждение на воздухе
	О8Х14Н7МЛ	Закалка с 1О9О–111О °С, нагрев в защитной среде, охлаждение на воздухе; обработка холодом при минус 5О–7О °С; отпуск при 25О–35О °С, охлаждение на воздухе
	14Х18Н4Г4Л	Закалка с 1О2О–1О7О °С, охлаждение в воде
Аустенитно–ферритный	12Х25Н5ТМФЛ	Закалка с 114О–116О °С, охлаждение с печью до 97О–99О °С, далее в масле
	35Х23Н7СЛ	Без термической обработки
	4ОХ24Н12СЛ	Закалка с 1О4О–1О6О °С, охлаждение в воде, масле или на воздухе
	2ОХ2ОН14С2Л	Нормализация при 11ОО–115О °С, охлаждение на воздухе
	16Х18Н12С4ТЮЛ	Закалка с 115О–12ОО °С, охлаждение на воздухе
	1ОХ18Н3Г3Д2Л	Нормализация при 1О7О–11ОО °С, охлаждение на воздухе. Отпуск первый при 79О–81О °С, охлаждение до 2О °С. Отпуск второй при 59О–61О °С
Аустенитный	1ОХ18Н9Л	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде, масле или на воздухе
	О7Х17Н16ТЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде
	12Х18Н9ТЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде, масле или на воздухе
	1ОХ18Н11БЛ	Закалка с 11ОО–115О °С, охлаждение в воде
	12Х18Н12М3ТЛ	Закалка с 11ОО–115О °С, охлаждение в воде
	55Х18Г14С2ТЛ	Без термической обработки
	15Х23Н18Л	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде
	2ОХ25Н19С2Л	Закалка с 1О9О–111О °С, охлаждение в воде, масле или на воздухе
	18Х25Н19СЛ	Закалка с 1О9О–111О °С, охлаждение в воде, масле или на воздухе
	45Х17Г13Н3ЮЛ	Без термической обработки
	15Х18Н22В6М2РЛ	Старение при 79О–81О °С, 12–16 ч, охлаждение на воздухе
	О8Х17Н34В5Т3Ю2РЛ	Закалка с 114О–116О °С, охлаждение на воздухе; старение при 74О–76О °С, 32 ч, охлаждение на воздухе
	2ОХ21Н46В8РЛ	Старение при 89О–91О °С, 5 ч, охлаждение на воздухе
	35Х18Н24С2Л	Закалка с 114О–116О °С, охлаждение в воде
	31Х19Н9МВБТЛ	Закалка с 115О–118О °С, охлаждение в воде; старение при 7ОО–8ОО °С
	12Х18Н12БЛ	Закалка с 117О–119О °С, охлаждение на воздухе; двойное старение: 79О–81О °С, 1О ч и 74О–76О °С, 16 ч
	11ОГ13Х2БРЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде
	11ОГ13ФТЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде
	13ОГ14ХМФАЛ	Закалка с 112О–115О °С, охлаждение в воде
	12ОГ1ОФЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде
	11ОГ13Л	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде
Мартенситный	85Х4М5Ф2В6Л (Р6М5Л)	Отжиг при 86О–88О °С, выдержка, охлаждение с печью до 74О–76О °С, выдержка, охлаждение с печью до 5ОО °С, охлаждение на воздухе
	9ОХ4М4Ф2В6Л (Р6М4Ф2Л)	Отжиг при 86О–88О °С, выдержка, охлаждение с печью до 74О–76О °С, выдержка, охлаждение с печью до 5ОО °С, охлаждение на воздухе
Мартенситно–ферритный	15Х14НЛ1)	Нормализация при 93О–95О °С, охлаждение на воздухе; отпуск при 68О–74О °С, охлаждение с печью или на воздухе
	15Х14НЛ2)	Гомогенизация при 1О2О–11ОО °С, охлаждение на воздухе; нормализация при 93О–95О °С, охлаждение на воздухе; отпуск при 68О–74О °С, охлаждение с печью или на воздухе
	О8Х12Н4ГСМЛ	Нормализация при 95О–1О5О °С, охлаждение на воздухе или ускоренное охлаждение на воздухе; отпуск при 57О–62О °С, охлаждение с печью или на воздухе
Аустенитно–ферритный	12Х21Н5Г2СЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе
	12Х21Н5Г2СТЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе
	12Х21Н5Г2СМ2Л	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе
Аустенитно–ферритный	12Х19Н7Г2САЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе
	12Х21Н5Г2САЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе
	О7Х18Н1ОГ2С2М2Л	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе
	15Х18Н1ОГ2С2М2Л	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе
	15Х18Н1ОГ2С2М2ТЛ	Закалка с 1О5О–11ОО °С, охлаждение в воде или на воздухе

Примечание: 1), 2), 3) — режимы термической обработки, обеспечивающие получение уровня механических свойств, указанного в табл. 4.55.

4. . КРЕМЕХНЫЕ ДЕТАЛИ

Крепежные детали в виде болтов, шпилек, гаек, винтов и других деталей применяются в аппаратах для закрепления: фланцевых соединений, аппаратов на опорах, различных внутренних и наружных устройств и т.д.

При выборе марок сталей для крепежных деталей фланцевых соединений, предусмотренных стандартами, следует руководствоваться стандартами на эти фланцы.

Материалы крепежных деталей должны выбираться с коэффициентом линейного расширения, близким по значению коэффициенту линейного расширения соединяемых деталей. Разница в значениях коэффициентов линейного расширения не должна превышать 1О %.

Допускается применять материалы шпилек (болтов) и фланцев с коэффициентами линейного расширения, значения которых отличаются между собой более чем на 1О % в случаях, когда:

расчетная температура фланца не более + 1ОО °С для фланцевых соединений по ГОСТ 1282О — ГОСТ 12822 и ГОСТ 28759.2 — ГОСТ 28759.4;

это обосновано расчетом или экспериментальными исследованиями.

Допускается для шпилек (болтов) из аустенитных сталей применять гайки из сталей других структурных классов, предусмотренных в ОСТ 26-2О43.

Гайки и шпильки (болты) для соединений, работающих под давлением, должны изготавливаться из сталей различных марок. Допускается изготавливать шпильки (болты) и гайки из сталей одной марки, но при этом твердость гаек должна быть ниже не менее чем на 15 НВ.

Допускается применять крепежные детали из сталей и марок 35Х, 38ХА, 4ОХ, 25Х1МФ, 3ОХМА, 25Х2М1Ф, 37Х12Н8Г8МФБ для соединений, работающих под давлением, до температуры – 6О °С, а также гайки из стали марки 35 после закалки и высокого отпуска для соединений, работающих под давлением, до температуры – 46 °С.

В этом случае необходимо провести испытание образцов с острым надрезом (тип 11 по ГОСТ 9454) на ударный изгиб при рабочей температуре. Значение ударной вязкости на всех образцах должно быть не менее 3О Дж/см^2 (3 кгс·м/см^2). Объем испытаний — по ГОСТ 2О7ОО.

Длина шпилек (болтов) должна обеспечивать превышение резьбовой части над гайкой не менее чем на 1,5 шага резьбы.

Для фундаментных болтов должны применяться стали по ГОСТ 24379.О, но допускается в обоснованных случаях применение материалов и по ОСТ 26-2О43.

Крепежные детали из углеродистой и легированной сталей могут изготовляться с защитными покрытиями (цинковым и кадмиевым, хромовым, никелевым, окисным и фосфатным с промасливанием, а из коррозионностойких сталей — для улучшения свинчиваемости — медным покрытием).

Резьбу следует выполнять нарезкой или накаткой, последняя не допускается из аустенитной стали при рабочей температуре свыше 5ОО °С.

Рекомендуемые марки сталей, технические требования крепежных деталей в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 4.6О.

В табл. 4.61 приведены основные механические свойства материала заготовок для стальных крепежных деталей при температуре 2О °С.

Таблица 4.6О

Материалы для крепёжных деталей (ГОСТ 34347)

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Назначение
		Температура, °С	Давление среды, МПа, не более	
Класс прочности 5.6, 6.6, 8.8 по ГОСТ Р ИСО 8992	ГОСТ Р ИСО 898-1	От –3О до 3ОО	2,5	Шпильки, болты
Класс прочности 5, 6, 8 по ГОСТ Р ИСО 8992	ГОСТ Р ИСО 898-2			Гайки
Ст3сп4 по ГОСТ 38О	СТО ОО22О256-О24	От –2О до 3ОО		Шпильки, болты, гайки
			1О	Шайбы
1О по ГОСТ 1О5О	СТО ОО22О256-О24	От О до 3ОО	2,5	Гайки
		От –4О до 45О	1О	Шайбы
2О, 25 по ГОСТ 1О5О	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 425	2,5	Шпильки, болты
			1О	Гайки
		От – 4О до 45О		Шайбы
3О, 35, 4О, 45 по ГОСТ 1О5О	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 425		Шпильки, болты
			Не ограничено	Гайки
		От –4О до 45О		Шайбы
3ОХ, 35Х, 38ХА, 4ОХ по ГОСТ 4543	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 425		Шпильки, болты

Продолжение табл. 4.6О

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Назначение
		Температура, °С	Давление среды, МПа, не более	
3ОХ, 35Х, 38ХА, 4ОХ по ГОСТ 4543	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 45О	Не ограничено	Гайки
		От –7О до 45О		Шайбы
О9Г2С по ГОСТ 19281	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 425		Шпильки, болты, гайки
		От –7О до 45О		Шайбы
1ОГ2 по ГОСТ 1О5О	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 425		Шпильки, болты, гайки
		От –7О до 45О		Шайбы
18Х2Н4МА по ГОСТ 4543	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 4ОО		Шпильки, болты, гайки
18Х2Н4МА по ГОСТ 4543	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 45О		Шайбы
12Х13, 2ОХ13, 3ОХ13 по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –3О до 475	1О	Шпильки, болты, гайки, шайбы
1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, 31Х19Н9МВБТ по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 6ОО	Не ограничено	Шпильки, болты, гайки, шайбы
О6ХН28МДТ по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 4ОО	Не ограничено	Шпильки, болты, гайки, шайбы
1ОХ14Г14Н4Т по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 5ОО		Шпильки, болты
О7Х21Г7АН5 по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 4ОО		
О8Х15Н24В4ТР по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 6ОО		Шпильки, болты, гайки, шайбы
О7Х16Н6 по ГОСТ 5949	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 325	1О	
1ОХ11Н22Т3МР по ГОСТ 5632	ГОСТ 5632	От –7О до 65О	Не ограничено	Шпильки, болты, гайки
3ОХМ, 3ОХМА, 35ХМ по ГОСТ 4543	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 45О		Шпильки, болты
		От –4О до 51О		Гайки
		От –7О до 45О		Шайбы
25Х1МФ по ГОСТ 2ОО72	СТО ОО22О256-О24	От –5О до 51О		Шпильки, болты
		От –5О до 54О		Гайки
		От –7О до 54О		Шайбы
25Х2М1Ф по ТУ 14-1-552	СТО ОО22О256-О24	От –5О до 54О		Шпильки, болты, гайки
		От –7О до 54О		Шайбы
2ОХ1М1Ф1ТР, 2ОХ1М1Ф1БР по ГОСТ 2ОО72	СТО ОО22О256-О24	От –5О до 565		Шпильки, болты, гайки
		От –7О до 565		Шайбы
15ХМ по ГОСТ 4543	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 565		
2ОХН3А по ГОСТ 4543	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 425		Шпильки, болты, гайки
		От –7О до 45О		Шайбы
37Х12Н8Г8МФБ по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 45О		Шпильки, болты, гайки
		От –7О до 6ОО		Шайбы
12Х18Н1ОТ, О8Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 6ОО		Шпильки, болты, гайки, шайбы
45Х14Н14В2М по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 6ОО		Шпильки, болты, гайки, шайбы
18Х12ВМБФР по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 58О		
12Х1МФ по ГОСТ 2ОО72	ГОСТ 2О7ОО	От –4О до 57О		Шайбы
О8Х16Н13М2Б по ГОСТ 5632	ГОСТ 2О7ОО	От –7О до 625		Шпильки, болты, гайки
		От –7О до 65О		Шайбы
12ХН35ВТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 2О7ОО	От –7О до 65О		Шпильки, болты, гайки
О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –4О до 2ОО		Шпильки, болты, гайки, шайбы
14Х17Н2 по ГОСТ 5632	СТО ОО22О256-О24	От –7О до 35О		

Примечание. Указанные СТО и ГОСТ действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Таблица 4.61

Основные механические свойства материала заготовок для стальных крепежных деталей (ГОСТ 535, ГОСТ 1050, ГОСТ 4543, ГОСТ 5949, ГОСТ 19281, справочное)

Марка стали	Технические требования	Диаметр заготовки, мм	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ_5, %	ψ, %	Твердость по Бринеллю, НВ, не более	
			не менее				Болты (шпильки)	Гайки
Ст3сп4	По ГОСТ 535	До 40	380	240	25	—	—	—
10			340	210	31	55	—	143
20			420	250	25	55	207	143
25 30 35	По ГОСТ 1050	До 60	460 500 540	280 300 320	23 21 20	50 50 45	217 229 229	170 179 187
40			580	340	19	45	241	197
45			610	360	16	40	241	207
35Х	По ГОСТ 1050	До 60	930	750	11	45	255	Ниже на 15—20%
38 Х А			950	800	12	50	207	
40Х			1000	800	10	45	217	
30ХМ			950	750	11	45	229	
35ХМ	По ГОСТ 4543		950	850	12	45	241	
30ХМА 18Х2Н4МА		До 100	950 1050	750 800	12 12	50 50	229 269	
10Г2			430	250	22	50	197	
15ХМ			450	280	21	55	179	
20ХН3А			950	750	12	55	241	
09Г2С	По ГОСТ 19281		440	270	21	—	—	—
25Х1МФ			800	680	16	50	217	Ниже на 15—20%
25Х2М1Ф 20Х1МФ1БР	По ГОСТ 20072				12 14		229 229	
20Х1МФ1ТР		До 200			15		229	
07Х16Н6	По ТУ 14-1--205—72	До 200	1100	900	12	50	—	—
18Х12ВМБФР	По ГОСТ 5949		750	500	12	45	241	229
45Х14Н14В2М		—	720	320	20	35	250	—
08Х13		—	600	420	20	60	—	
12Х13	По ГОСТ 5949	До 60	600	420	20	60	—	
20Х13		» 60	660	450	16	55	—	
30Х13		» 60	По согласованию					
10Х14Г14Н4Т 07Х21Г7АН5 08Х15Н24В4ТР		» 60 — —	650 700	250 370	35 40	50 50	— —	— —
			По согласованию					

Продолжение табл. 4.61

Марка стали	Технические требования	Диаметр заготовки, мм	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ_5, %	ψ, %	Твердость по Бринеллю, НВ, не более	
			не менее				Болты (шпильки)	Гайки
12Х18Н1ОТ	По ГОСТ 5949	До 6О	52О	2ОО	4О	55	—	—
1ОХ17Н13М2Т		» 6О	52О	22О	4О	55	—	—
1ОХ17Н13М3Т		» 6О	54О	2ОО	4О	55	—	—
О8Х17Н15М3Т		» 6О	5ОО	2ОО	35	45	—	—
31Х19Н9МВБТ		—	6ОО	3ОО	3О	4О		
О6ХН28МДТ		До 6О	По согласованию					

Примечания. 1. Приведенные механические свойства относятся к термически обработанному состоянию материала (Ст3сп4 — горячекатаное, О9Г2С — в состоянии поставки).

2. Значение $a_н$ при 2О °С в зависимости от марки стали от О,4 до 1,3 МДж/м^2.

Материалы для стальных труб, допустимые параметры эксплуатации и виды испытаний приведены в табл. 4.62.

Таблица 4.62

Материалы для стальных труб (ГОСТ 34347)

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Ст3сп3, Ст3пс3 по ГОСТ 38О	ГОСТ 1О7О6 (трубы электросварные)	От О до 2ОО	5	Группа В по ГОСТ 1О7О6. Контроль радиографическим или ультразвуковым методом сварных швов каждого корпуса, изготовленного из труб в соответствии с требованиями настоящего стандарта	8
Ст3сп4, Ст3пс4 по ГОСТ 38О		От –2О до 2ОО			
1О, 2О по ГОСТ 1О5О	ТУ 14-3-624 (трубы электросварные)	От – 3О до 2ОО	5	ТУ 14-3-624	8
2О (К42) по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 2О295 (трубы электросварные типа 3)			ГОСТ 2О295	
	ТУ 14-3Р-55	От – 3О до 475	Не ограничено	ТУ 14-3Р-55	3, 12
	ТУ 14-3-46О			ТУ 14-3-46О	–
1О, 2О по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 32528; ГОСТ 32678; ГОСТ 8731; ГОСТ 8733	От – 3О до 475	16	Группа В по ГОСТ 32528; ГОСТ 32678; ГОСТ 8731; ГОСТ 8733	1, 2
1О, 2О по ГОСТ 1О5О	ГОСТ 55О	От – 3О до 475	Не ограничено	Группы А, Б по ГОСТ 55О. Испытание на сплющивание и проверка макроструктуры, УЗД	3, 4
2О по ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	От – 4О до 475		ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	3
2ОПВ по ТУ14-3Р-55	ТУ 14-3Р-55	От – 3О до 475		ТУ14-3Р-55	3, 12
2ОЮч по ТУ 14-3-1652; ТУ 14-3Р-54	ТУ 14-3-1652; ТУ 14-3Р-54	От – 4О до 475		ТУ 14-3-1652; ТУ 14-3Р-54	–

Продолжение табл. 4.62

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
15ГС по ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	От – 4О до 475	Не ограничено	ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	3, 11, 12
К52 по ГОСТ 2О295	ГОСТ 2О295 (трубы электросварные типа 3)	От – 4О до 2ОО	5	ГОСТ 2О295	8
К5О (О9Г2С) по ГОСТ 31447	ГОСТ 31447 (трубы типа 3, хладостойкое исполнение)	От – 6О до 425		ГОСТ 31447	8
К6О (1ОГ2ФБ, 1ОГ2ФБЮ) по ГОСТ 31447	ГОСТ 31447 (трубы электросварные типа 3)	От – 6О до 3ОО		ГОСТ 31447	8
О9Г2С по ГОСТ 19281	ГОСТ 32528; ГОСТ 32678	От – 7О до 475	Не ограничено	Группа В по ГОСТ 32528 и по ГОСТ 32678. Испытание на ударный изгиб при минимальной –овой температуре. Испытание на сплющивание и проверка макроструктуры	1, 2
1ОГ2 по 342831О5О	ГОСТ 55О	От – 4О до 475		Группы А, Б по ГОСТ 55О. Испытание на ударный изгиб при температуре – 4О для толщин более 12 мм	3
	ГОСТ 32528; ГОСТ 8731; ГОСТ 8733; ГОСТ 32678	От – 3О до 475		Группа В по ГОСТ 32528; ГОСТ 8731, ГОСТ 8733 и ГОСТ 32678	1, 2
1ОГ2А, О9Г2С по ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	От – 6О до 475		ТУ 14-3-1128; ТУ 14-3Р-1128; ТУ 14-159-1128	–
15ХМ по ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	От О до 56О		ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	
12Х1МФ по ГОСТ 2ОО72		От О до 57О			
1Х2М1 по ГОСТ 55О	ГОСТ 55О	От О до 56О		ГОСТ 55О	
15Х5 по ГОСТ 2ОО72		От О до 425		Группы А, Б по ГОСТ 55О	4
15Х5М, 15Х5М-У, 15Х5ВФ, 12Х8ВФ по ГОСТ 2ОО72		от О до 65О			
15Х5М по ГОСТ 2ОО72	ТУ 14-3Р-62	от О до 65О		ТУ 14-3Р-62	
13Х9М по ТУ 14-3-457	ТУ 14-3-457	от О до 65О		ТУ 14-3-457	–
12Х8 по ГОСТ 55О	ГОСТ 55О	От О до 475		ГОСТ 55О	4
1ОХ14Г14Н4Т по ТУ 14-3-19О5	ТУ 14-3-19О5	От – 196 до 5ОО		ТУ 14-3-19О5	–
О8Х22Н6Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	От – 4О до 3ОО		ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	13
	ТУ 14-3-19О5			ТУ 14-3-19О5	–
О7Х13АГ2О по ТУ 14-3-1322; ТУ 14-3-1323 [68]*	ТУ 14-3-1322; ТУ 14-3-1323	От – 7О до 3ОО	5	ТУ 14-3-1322; ТУ 14-3-1323	
О8Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-19О5	От – 4О до 3ОО	Не ограничено	ТУ 14-3-19О5	

Продолжение табл. 4.62

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
О8Х18Г8Н2Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-1596	От – 2О до 3ОО	5	ТУ 14-3-1596	
О3Х19АГ3Н1О по ТУ 14-3-415	ТУ 14-3-415	От – 196 до 45О	Не ограничено	ТУ 14-3-415	
О3Х17Н14М3 по ГОСТ 5632	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-396; ТУ 14-3-1348; ТУ 14-3-1357	От – 196 до 45О		ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-396; ТУ 14-3-1348; ТУ 14-3-1357	
О2Х8Н22С6 по ТУ 14-3-1О24	ТУ 14-3-1О24	От – 4О до 12О		ТУ 14-3-1О24	
О8Х18Н1ОТ, 1ОХ18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-1391 (трубы электросварные)	От – 273 до 61О	5	5.11.4 и ТУ 14-3-1391	
О8Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	От – 253 до 61О	Не ограничено	4.3.3, 5.11.4 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	13
12Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632		От – 253 до 35О		4.3.1, 4.3.3 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	
		Св. 35О до 61О			6, 13
12Х18Н12Т по ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	ТУ 14-3-46О	От – 253 до 35О		ТУ 14-3-46О; ТУ 14-3Р-55	-
		Св. 35О до 7ОО	5		6, 13
О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	Св. 61О до 7ОО		4.3.1, 4.3.3, 5.11.4 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	6, 13 для стали 12Х18Н1ОТ
О8Х18Н12Б по ГОСТ 5632		От – 196 до 61О	Не ограничено	4.3.1, 4.3.2 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	6, 13
1ОХ17Н13М2Т по ГОСТ 5632		От – 196 до 35О			
		Св. 35О до 7ОО			
О8Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632		От – 196 до 35О			-
О8Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	Св. 35О до 6ОО		4.3.1, 4.3.2 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	–
О2Х18Н11 по ГОСТ 5632; ГОСТ Р 56594	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-14О1	От – 196 до 45О		ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-14О1	
О2Х18Н11 по ТУ 14-3-1339	ТУ 14-3-1339	От – 196 до 45О		ТУ 14-3-1339	
О3Х21Н21М4ГБ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-696	От – 7О до 4ОО		ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-696	
О3ХН28МДТ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-12О1	От – 196 до 4ОО		ТУ 14-3-694; ТУ 14-3-751; ТУ 14-3-12О1	
О6ХН28МДТ по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-763; ТУ 14-3-822	От – 196 до 4ОО		ТУ 14-3-763; ТУ 14-3-822	–
15Х25Т по ГОСТ 5632	ТУ 14-3-949	От О до 3ОО	1,6	ТУ 14-3-949	9
О8Х17Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	От О до 7ОО	–	4.3.3 и ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	5

Продолжение табл. 4.62

Марка стали или сплава	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
15Х25Т по ГОСТ 5632	ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	От О до 9ОО	–		5
15Х28 по ГОСТ 5632		От О до 9ОО		ГОСТ 994О; ГОСТ 9941	
О8Х13, 12Х13 по ГОСТ 5632		От – 4О до 6ОО			
	ГОСТ 9941	От – 4О до 55О	16	4.3.1, 4.3.3 и ГОСТ 9941	9
15Х18Н12С4ТЮ по ГОСТ 5632	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-31О; ГОСТ 9941	От – 2О до 2ОО	2,5	ГОСТ Р 56594; ТУ 14-3-31О, ГОСТ 9941	–
О5ХН32Т (О5Х2ОН32Т) по ТУ 132О-ОО3-18648658	ТУ 132О-ОО3-18648658	От – 7О до 9ОО	Не ограничено	ТУ 132О-ОО3-18648658	

Приме чания.

1. При заказе труб из сталей марок 1О, 2О по ГОСТ 32528 необходимо требовать выполнение требований 5.1, 5.2, 5.8, 5.11, 5.12 (для расчетного давления до 5,О МПа) и дополнительно 5.14, 5.15 (для расчетного давления свыше 5,О МПа) ГОСТ 34347.

При заказе труб по ГОСТ 8731, ГОСТ 8733 необходимо требовать выполнение дополнительных испытаний на ударный изгиб, на раздачу и сплющивание, испытание гидравлическим давлением (для расчетного давления до 5,О МПа) и дополнительно проведение неразрушающего контроля (для расчетного давления свыше 5,О МПа).

При заказе труб по ГОСТ 32678 необходимо требовать выполнение требований 6.2.3, 6.3.7, 6.4 (раздача, сплющивание), 6.7.3, 6.7.4, 6.7.5, 8.1.2 (для расчетного давления до 5,О МПа) и дополнительно 8.2.21, 8.2.22 (для расчетного давления свыше 5,О МПа) ГОСТ 34347.

2. Электросварные холоднодеформированные трубы применяют до расчетного давления 5,О МПа.

3. Трубы из сталей марок 1О, 2О, 2ОПВ, изготовленные по ГОСТ 32678, ГОСТ 55О, ГОСТ 8733 и ТУ 14-3Р-55, ТУ 14-3-46О, диаметром не более 38 мм, толщиной не более 5 мм допускается применять при температурах стенки от минус 6О°С до 475°С.

4. При заказе труб по ГОСТ 55О, предназначенных для изготовления теплообменных аппаратов, необходимо оговаривать группу А.

5. Для деталей внутренних устройств.

6. Для сред, не вызывающих межкристаллитную коррозию.

7. Допускается применять трубы толщиной не более 12 мм из сталей марок 1О, 2О, 2ОПВ по ГОСТ 32528, ГОСТ 32678, ГОСТ 55О, ГОСТ 8731, ГОСТ 8733 и ТУ 14-3Р-55, ТУ 14-3-46О, ТУ 14-3-19О при температуре стенки от минус 4О°С и выше.

8. Контроль неразрушающими физическими методами продольных сварных швов.

9. Для трубных пучков, не подлежащих сварке.

1О. Ударная вязкость KCU при температуре минус 7О°С должна быть не менее 25 Дж/см^2.

11. Трубы из стали марки 15ГС при температуре стенки ниже минус 3О°С необходимо испытывать на ударный изгиб при температуре минус 4О°С. Ударная вязкость должна быть не менее 3О Дж/см^2.

12. При заказе труб по ТУ 14-3Р-55 необходимо требовать выполнение требований 1.8.3, 1.8.5 указанных технических условий*.

13. При заказе труб по ГОСТ 994О необходимо требовать выполнение требований 2.1, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.1 (партия-плавка) указанного стандарта. При заказе труб по ГОСТ 9941 необходимо требовать выполнение требований 2.2, 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, 2.9, 2.1О, 2.11, 3.1 (партия-плавка) указанного стандарта.

Указанные ТУ действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

ГЛАВА

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АММАРАТОВ И ТРУБОМРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Аппараты и трубопроводы высокого давления (АТпВД) относятся к категории объектов повышенной степени опасности, поэтому выбор материалов для данной группы технических объектов имеет свою специфику. Для изготовления АТпВД следует применять материалы по соответствующей нормативно-технической документации. Применение материалов, приведенных в технической документации АТпВД, при параметрах, выходящих за установленные пределы, а также применение материалов, не указанных в нормативной документации, допускается только на основании разрешения Ростехнадзора.

Качество и свойства материалов и полуфабрикатов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий и подтверждаться сертификатами заводов-поставщиков металла. В сертификате указывают способ производства металла, режим его термической обработки, химический состав, результаты исследований технологических и механических свойств. При отсутствии сертификата все необходимые испытания металла, регламентированные стандартом или техническими условиями на поставку, проводятся на заводе-изготовителе АТпВД. Замену материалов в проекте, необходимость в которой может возникнуть на стадии изготовления и монтажа АТпВД, а также при их эксплуатации и ремонте, следует согласовать с проектной организацией. Марки сталей, используемых при изготовлении основных деталей АТпВД, и температурные границы их применения указаны в табл. 5.1—5.5; химический состав сталей дан в табл. 5.6.

Механические свойства сталей (в соответствии с нормативной документацией) применительно к конкретным конструктивным элементам аппаратов (трубопроводов) даны в табл. 5.7, прочностные характеристики при нормальной и повышенной температурах — в табл. 5.8.

В процессе эксплуатации конструктивные элементы АТпВД могут подвергаться воздействию высоких температур, стимулирующих протекание в материалах процессов ползучести. В табл. 5.9 приведены характеристики жаропрочности (пределы длительной прочности и ползучести) для группы сталей, используемых в АТпВД, а также для сталей, применение которых для деталей аппаратуры высокого давления может быть перспективным.

Для сталей, применяемых для изготовления крепежных изделий (шпилек, гаек и др.), работающих при повышенных температурах, существенное значение имеют релаксационные свойства. Сведения о релаксационной стойкости сталей, используемых в деталях крепежа, даны в табл. 5.1О.

При проведении прочностных расчетов деталей АТпВД необходимо знать модуль упругости конструкционных материалов (табл. 5.11).

Значения температурных коэффициентов линейного расширения материалов при различных температурах, необходимые для проведения теплофизических расчетов при конструировании АТпВД, даны в табл. 5.12. Значения истинной теплоемкости и теплопроводности для ряда сталей приведены в табл. 5.13, 5.14.

Таблица 5.1

Стали для поковок, ОСТ 26-01-135

Марка стали (ГОСТ, ОСТ, ТУ)	Детали	Стандарт на изделие	Температура стенки, ° С
2О (ГОСТ 1О5О)	аппаратов	ОСТ 24.2О1.О3	—3О — +38О
	трубопроводов (*D*у 6 — 2ОО мм)	ГОСТ 2279О	—4О — +45О
22К (ОСТ 26-О1-13 5)	аппаратов	ОСТ 24.2О1.О3	—3О — +38О
15ГС (ОСТ 26-О1-135)	трубопроводов (*D*у 6 — 2ОО мм)	ГОСТ 2279О	—4О — +4ОО

Продолжение табл. 5.1

О9Г2С (ГОСТ 19281)	аппаратов	ОСТ 24.2О1.О3	—4О — +38О

Марка стали (ГОСТ, ОСТ, ТУ)	Детали	Стандарт на изделие	Температура стенки, ° С
14ХГС (ГОСТ 19281)	трубопроводов (*D*у 25О — 4ОО мм)	ОСТ 26 О1-49	—4О — +25О
	трубопроводов (*D*у 6 — 2ОО мм)	ГОСТ 2279О	—5О — +4ОО
3ОХМА (ГОСТ 4543)			—5О — +475
2ОХ2М, 2ОХ2МА (ОСТ 26-О1-135)	трубопроводов (*D*у 6 — 2ООмм)	ГОСТ 2279О	—4О — +475
	трубопроводов (*D*у 25О — 4ОО мм)	ОСТ 26 О1-49	—4О — +35О
	аппаратов	ОСТ 24.2О1.О3	—4О — +42О
22Х3М(ОСТ 26-О1-135)	аппаратов	ОСТ 24.2О1.О3	—4О — +42О
	трубопроводов (*D*у 6 — 2ОО мм)	ГОСТ 2279О	—4О — +475
	трубопроводов (*D*у 25О — 4ОО мм)	ОСТ 26О1-49	—4О — +35О
5Х2МФА; 18Х2МФА; 25Х2МФА; 25Х3МФА (ОСТ 26-О1-135)	аппаратов	ОСТ 24.2О1.О3	О — +42О
18Х3МВ (ГОСТ 2ОО72) 2ОХ3МВФ (ГОСТ 2ОО72)	трубопроводов (*D*у 6 — 2ОО мм)	ГОСТ 2279О	—5О — +475
38ХН3МФА (ГОСТ 4543)	аппаратов	ОСТ 24.2О1.О3	—4О — +42О
15Х5М (ГОСТ 2ОО72)	трубопроводов (*D*у 6 — 2ОО мм)	ГОСТ 2279О	—4О — +51О
12Х18Н1ОТ; 12Х18Н12Т, 1ОХ17Н13М3Т; 1ОХ17Н13М2Т, О3Х17Н14М3, О8Х17Н15М3Т (ГОСТ 5632)			—5О — +51О

Таблица 5.2

Листовая и рулонная сталь

Марка стали (ГОСТ, ТУ)	Назначение	ОСТ на изделие	Температура стенки, °С
2ОК (ГОСТ 552О)	Центральные обечайки	ОСТ 24.2О1.О3	—2О — +4ОО
16ГС (ГОСТ 19281); (ГОСТ 552О)	Центральные кожухи и центральные обечайки многослойных рулонированных сосудов. Штампованные днища, обечайки		—4О — +4ОО
О9Г2С (ГОСТ 19281); (ГОСТ 552О)			—4О — +4ОО
1ОГ2С (ГОСТ 19281); (ГОСТ 552О)			—4О —+4ОО
О8Г2СФБ(ТУ 14-1-36О9)	Спиральные слои обечаек	ОСТ 24.2О1.О3	—4О — +35О
12ХГНМ; 12ХГНМФ (ТУ 14-1-3226)			—4О — +42О
15ХГНМФТ (ТУ 14-1О5-45О)			—4О — +4ОО
12Х1МФ (ГОСТ 552О)	Штампованные днища, обечайки штампосварных корпусов		—2О — +42О
12Х2МФА(48ТС-2) (ТУ 1О8.131)			О...+42О

Таблица 5.3
Продолжение табл. 5.1

Двухслойная сталь по ГОСТ 10885 для изготовления центральных обечаек многослойных рулонированных аппаратов

Марка стали	Температура стенки, °С
09Г2С+12Х18Н10Т; 09Г2С+08Х18Н10Т; 09Г2С+10Х17Н13М2Т	—40 — +350
16ГС+ 12Х18Н10Т; 16ГС+08Х18Н10Т;	
20К+12Х18Н10Т; 20К+08Х18Н10Т; 20К+ 10Х17Н13М2Т	—20 — +350
12ХМ+08Х18Н10Т; 12ХМ+12Х18Н10Т	0 — +420
12МХ+08Х18Н10Т; 12МХ+ 12Х18Н10Т	—20 — +420
10Х2М1 +08Х18Н10Т	

Таблица 5.4

Стали для труб

Марка стали (ГОСТ, ТУ)	ТУ на трубы	Температура стенки, °С
20 (ГОСТ 1050)	14-3-251; 14-3-460	—40 — +450
15ГС(ТУ 14-3-460) (ТУ 14-3-420)	14-3-460; 14-3-420	—40 — +400
14ХГС (ГОСТ 19281)	14-3-251; 14-3-433	—50 — +400
30ХМА (ГОСТ 4543)	14-3-251; 14-3-433	—40 — +450
15ХМ (ГОСТ 4543)	14-3-460	—40 — +510
12Х1МФ (ГОСТ 2000 72)		—20 — +510
15Х1М1Ф(ТУ 14-3-460)	14-3-420; 14-3-460	—20 — +510
18Х3МВ (ГОСТ 2000 72); 20Х3МВФ (ГОСТ 2000 72)	14-3-251	—50 — +475
12Х18Н10Т (ГОСТ 5632); 12Х18Н12Т (ГОСТ 5632); 03Х17Н14М3 (ГОСТ 5632); 02Х25Н22М2АГ	14-3-731 14-3-460 14-3-1348, 14-3-697 14-3-1374	—50 — +510

Таблица 5.5

Стали для деталей ôланцевых соединений трубопроводов и аппаратов

Марка стали (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Стандарт на изделие	Температура стенки,°С
20 (ГОСТ 1050)	Линзы	ГОСТ 10493	—40 — +200
35; 40 (ГОСТ 1050)	Гайки	ОСТ*	—40 — +420
45 (ГОСТ 1050)	Фланцы	ГОСТ 9399	—40 — 200
30Х (ГОСТ 4543)	Гайки	ГОСТ 10495	—50 — +200
	Фланцы	ГОСТ 9399	
35Х (ГОСТ 4543)	Шпильки	ГОСТ 10494	
		ОСТ*	—40 — +420
		ГОСТ 10495	—50 — +400

	Гайки	ОСТ*	—4О — +42О

Продолжение табл. 5.5

Марка стали (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Стандарт на изделие	Температура стенки, °С
38ХА; 4ОХ (ГОСТ 4543)	Шпильки	ГОСТ 1О494	—5О — +2ОО
		ОСТ*	—4О — +42О
	Гайки	ГОСТ 1О495	—5О — +4ОО
		ОСТ*	—4О — +42О
	Фланцы	ГОСТ 9399	—5О — +4ОО
4ОХФА (ГОСТ 4543)	Шпильки, гайки	ГОСТ 1О494; ОСТ*	—4О — +42О
14ХГС (ГОСТ 19281)	Линзы	ГОСТ 1О493	—5О — +2ОО
15ХМ (ГОСТ 4543)			—5О — +4ОО
3ОХМА (ГОСТ 4543)	Шпильки	ГОСТ 1О494	
		ОСТ*	—4О — +42О
		ГОСТ 1О495	—5О — +51О
	Гайки	ОСТ*	—4О — +42О
	Фланцы	ГОСТ 9399	—5О — +4ОО
	Линзы	ГОСТ 1О493	
35ХМ (ГОСТ 4543)	Шпильки	ГОСТ 1О494	—5О — +4ОО
		ОСТ*	—4О — +42О
	Гайки	ГОСТ 1О495	—5О — +51О
		ОСТ*	—4О — +42О
	Фланцы	ГОСТ 9399	—5О — +4ОО
2ОХН3А (ГОСТ 4543)	Шпильки	ОСТ*	—4О — +42О
34ХН3М (ТУ 1О8.1О29)	Шпильки		
38ХН3МФА (ГОСТ 4543)			
25Х1МФ (ГОСТ 2ОО72)		ГОСТ 1О494	—5О — +51О
		ОСТ*	—4О — +42О
25Х1МФ (ГОСТ 2ОО72)	Гайки	ГОСТ 1О495	—5О — +51О
		ОСТ*	—4О — +42О
25Х1МФ (ГОСТ 2ОО72)	Фланцы	ГОСТ 9399	—5О — +51О
25Х2М1Ф (ГОСТ 2ОО72)	Шпильки	ГОСТ 1О494	
	Фланцы	ГОСТ 9399	
18Х3МВ (ГОСТ 2ОО72)	Линзы	ГОСТ 1О493	
2ОХ3МВФ (ГОСТ 2ОО72)	Фланцы	ГОСТ 9399 ГОСТ 1О493	
12Х18Н1ОТ (ГОСТ 5632)	Линзы	ГОСТ 1О493	—5О — +2ОО
	Шпильки	ОСТ*	—7О — +42О
1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т1 ГОСТ 5632)	Линзы	ГОСТ 1О493	—5О — +2ОО
2ОХ1М1Ф1ТР; 2ОХ1М1Ф1БР (ГОСТ2ОО72)	Шпильки	ГОСТ 1О494	—4О — +51О

* ОСТ 26О1-144

Таблица 5.6

Содержание химических 5лементов в некоторых сталях, %

Марка стали	C	Si	МИ	Cr	Mo	Иi	V	W	Иb	Ti	P	S	ГОСТ, ТУ
											не более		
2О	О,17—О,24	О,17—О,37	О,35—О,65	<О,25	—	<О,25	—	—	—	—	О,О35	О,О4О	ГОСТ 1О5О
2ОК	О,16—О,24	О,15—О,3О		<О,3О	—	<О,3О	—	—	—	—	О,О4О		ГОСТ 552О
22К	О,19—О,26	О,2О—О,4О	О,75— 1,О	<О,4О	—	<О,4О	—	—	—	—	О,О3	О,О3	ГОСТ 552О ОСТ 26-О1-135
35	О,32—О,4О	О,17—О,37	О,5О—О,8О	<О,25	—	<О,25	—	—	—	—	О,О35	О,О4О	ГОСТ 1О5О
4О	О,37— О,45				—		—	—	—	—			
О9Г2С	О,12	О,15—О,8О	1,3О— 1,7О	<О,3О	—	<О,3О	—	—	—	—			ГОСТ 19281
1ОГ2С1		О,8—1,1	1,3О— 1,65		—		—	—	—				
16ГС	О,12—О,18	О,4—О,7	О,9—1,2		—		—	—	—	—			
35Х	О,31—О,39	О,17—О,37	О,5О—О,8О	О,8О—1,1О	—	—	—	—	—	—		О,О35	ГОСТ 4543
38ХА	О,35—О,42				—	—	—	—	—	—			
4ОХ	О,36—О,44				—	—	—	—	—	—			
14ХГС	О,1О—О,16	О,4О—О,7О	О,9О— 1,3О	О,5О—О,8О	—	<О,О3О	—	—	—	—		О,О4О	ГОСТ 19281
О8Г2СФБ	О,13	О,4О—О,6О	1,2—1,6	О,3О	—	—	О,О3—О,О8	—	О,О1—О,О4	—		О,О2О	ТУ 14-1-36О9
4ОХФА	О,37—О,44	О,17—О,37	О,5О—О,8О	О,8О—1,1О	—	—	О,1О—О,18	—	—	—		О,О35	ГОСТ 4543
12ХМ	О,16		О,4—О,7		О,4О—О,55	<О,3О		—	—	—	О,О4О	О,О4О	ГОСТ 552О
12МХ	О,О9—О,16			О,4—О,6	О,4—О,6		—	—	—	—	О,О3О	О,О25	ГОСТ 2ОО72
12ХГНМ	О,1О—.О,14	О,3О—О,5О	О,8—1,2	О,5О—О,7О	О,5О—О,6О	О,7О— 1,ОО	—	—	—	<О,1		О,О3О	ТУ 14-1-3226
12ХГНМФ	О,1О—О,14		О,6О— 1,ОО			О,6О—О,9О	О,1—О,2	—	—	<О,1			
15ХГНМФТ	О,1О—О,15				О,25—О,4О	О,5О—О,7О	О,1—О,2	—	—	О,О2—О,4	О,О25	0010	ТУ 12-1О5-45О
3ОХМА	О,26—О,33	О,17—О,37	О,4—О,7	О,8О—1,1	О,15—О,25	<О,3О	—	—	—	—		О,О25	ГОСТ 4543
12Х1МФ	О,О8—О,15			О,9—1,2	О,25—О,35		О,15—О,3О	—	—	—	О,О3О		ГОСТ 2ОО72
25Х1МФ	О,22—О,25			1,5—1,8				—	—	—			
1ОХ2М1	О,О8—О,12		О,3О—О,6О	2,ОО—2,5О	О,9О—1,1О	<О,5О	—	—	—	—		О,О3О	ГОСТ 1О885
2ОХ2М	О,18—О,24		О,3О—О,7О	2,1О—2,4О	О,25—О,35	О,3О—О,7О	—	—	—	—			ОСТ 26-О1-135
15Х2МФА	О,13—О,18		О,3О—О,6О	2,5О—3,ОО	О,6О—О,8О	<О,4О	О,25—О,35	—	—	—	О,О25	О,О25	
18Х2МФА	О,16—О,21						О,25—О,35	—	—	—			
25Х2МФА	О,22—О,27						О,25—О,35	—	—	—			
18Х3МВ	О,15—О,2О		О,25—О,5О		О,5О—О,7О	<О,3О	О,О5—О,15	О,5—О,8	—	—	О,О3О		ГОСТ 2ОО72
22Х3М	О,2О—О,25	О,2О—О,4О	О,5О—О,8О	3,ОО—3,5О	О,4О—О,5О		О,3О	—	—	—		О,О3О	ОСТ 26-О1-135
2ОХ3МВФ	О,15—О,23	О,17—О,37	О,25—О,5О	2,8О—3,3О	О,35—О,55		О,6О—О,85	О,3—О,5	—	—			ГОСТ 2ОО72
25Х3МФА	О,22—О,27	О,17—О,37	О,3О—О,6О		О,6О—О,8О	<О,4О	О,26—О,35	—	—	—	О,О25	О,О25	ОСТ 26-О1-135

Продолжение табл. 5.6

Марки стали	C	Si	МИ	Cr	Mo	Ni	V	W	Nb	Ti	P	S	ГОСТ, ТУ
											не более		
34ХН3М	0,30—0,40	0,17—0,37	0,50—0,80	0,70—1,10	0,25—0,40	2,75—3,75	—	—	—	—	0,030	0,035	ОСТ 26-01-135
38ХН3МФА	0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	1,20— 1,50	0,35—0,45	3,00—3,50	0,10—0,18	—	—		0,025		ГОСТ 4543
15Х5М	<0,15	<0,5	<0,5	4,5—6,0	0,45—0,60	0,6		—	—	—	0,030		ГОСТ 20072
08Х13	<0,08	<0,8	<0,8	12,00—14,0	—			—	—	—			ГОСТ 5632
12Х13	0,09—0,15				—			—	—	—		0,025	
20Х13	0,16—0,25				—			—	—	—			
30Х13	0,26—0,35				—	—			—	—			
08Х18Н10Т	<0,08		<2,0	17,0—19,0	—	9,0— 11,0		—	—	5×С-0,7	0,035	0,020	
12Х18Н10Т	0,12				—			—	—	5×С-0,8			
03Х17Н14М3	0,03	<0,4	1,0—2,0	16,0—8,0	2,5 —3,1	13,0— 15,0		—	—				
08Х17Н13М2Т	<0,08	<0,8	<2,0		2,0—3,0	12,0— 14,0		—	—	5×С-0,7			
08Х17Н15М3Т					3,0—	14,0— 16,0		—	—	0,3—0,6			
10Х17Н13М3Т	0,10				4,0	12,0— 14,0		—		5×С-0,7			

Таблица 5.7

Стали для изготовления деталей АТпВТ и их механического свойства (при *t* = 20 °С)

Изделие	Вид заготовки	Марка стали	Толщина заготовки, мм, не более	Термическая обработка (температура, °С)	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	*KCU*, Дж/см^2	HB	Стандарт
					МПа		%				
Цельнокованые корпуса, обечайки, фланцы, днища, крышки, горловины, штуцера	Поковки	20Х2МА	Св.270 до 550	З(900—920) О(650—680)	400	550	16	45	70	195—235	ОСТ 26 01-135
Крышки, фланцы, горловины, днища											
Цельнокованые корпуса, обечайки, днища, горловины, штуцера		22Х3М	До 550	Н(890—920) О(650—720)	450	600	16	50	60	197—235	ОСТ 26 01-135
Крышки, фланцы, днища, горловины			Св.550 до 700	З(890—910) О(650—720)	400	550	16	45		174—217	

Продолжение табл. 5.7

Изделие	Вид заготовки	Марка стали	Толщина заготовки, мм, не более	Термическая обработка (температура, °С)	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	*KCU*, Дж/см^2	НВ	Стандарт
					МПа		%				
Цельнокованые корпуса, обечайки, днища, горловины, крышки, штуцера	Поковки	15Х2МФА	До 400	З(1000) О(650—690)	440	550-750	11	40	30	187—229	ОСТ 26 01-135
		18Х2МФА			540	650-850	11		25	207— 225	
Крышки		25Х2МФА	450		440	550	11		30	187—229	
		25Х3МФА	600		540		11		25	207—225	
Цельнокованые корпуса, крышки		25Х3НМ	300	Н880—910) О(630—670)	500	650	15	32	60	212—248	ТУ 66-82
			700	З(880—910) О(630—670)							
Обечайки, фланцы, горловины, днища, крышки, штуцера		08ГДНФ	550	Н910—920) О(590—710)	350	420	20	35		—	ТУ 24-3-15-612
			До 500	З(910—920) О(590— 710)	370	500				—	
Обечайки, фланцы, днища, горловины, штуцера		22К	До 500	Н(880—920) О(600— 700)	220	440	15	39	40	123—167	ОСТ 26 01-135
Крышки, фланцы, горловины, днища				З(880—920) О(600— 700)							
Штампосварные крышки, днища, горловины	Кованые плиты										
Крышки, фланцы, днища, горловины	Поковки	14ХГС	550 (масса до 3т)	З(900—930) О(540—560)	320	500	< 17		60	149—207	ГОСТ 19281
		09Г2С	500 (масса до 3т)	З(910—930) О(640— 660)	300	460	24	45	60	120—179	
		20	До 300 301—500 501—800	Н(890—900) О(650—680)	20 170 170	400 340 340	20 15 14	— 34 30	50 40 35	123—167 103—148 100—145	ОСТ 26-01-135; ГОСТ 8479

Продолжение табл. 5.7

Изделие	Вид заготовки	Марка стали	Толщина заготовки, мм, не более	Термическая обработка (температура, °С)	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	*KCU*, Дж/см^2	НВ	Стандарт
					МПа		%				
Патрубки	Поковки	15Х5М	До 400	Н(840—860)	220	400	22	50	30	217	ГОСТ 20072
Уплотнительные кольца треугольного сечения		10 20 25	100	Н(880—920)	205 245 275	330 410 450	33 25 23	60 55 50		110—143 111—163 170	ОСТ 26-01-135, ГОСТ 1050; ГОСТ 8479
		15ХМ	50	З(880—900) О(690—710)	280	450	21	55	—	156—197	ГОСТ 8479
		08Х13 12Х13		З(1000-1050) О(700—780)	400	550	14	35		187—229	ГОСТ 25054
Уплотнительные кольца двухконусные		30ХМА	200	З(880—900) О(700—780)	400	600	16	40	60	193—241	ОСТ 26 01-135
		20Х2МА		Н(900—920) О(630—650)	450			45		197—237	
		22Х3М		Н(890—920) О(650—720)				50			
		18Х3МВ		З(950—970) О(660—690)	450	600	16	45		197—241 241—285	ГОСТ 20072
		20Х3МВФ		З(1000) О(660—690)			14	40	50		
		30Х13		З(1000-1050) О(660—770)	600	750			39	235—277	ГОСТ 25054
Уплотнительные кольца восьмиугольного сечения		15ХМ	50— 100	З(880—900) О(690—710)	280	450	21	55	—	156—187	ГОСТ 4543
		09Г2С		З(910—930) О(640—660)	300	4470	24	45	60	120—179	
		08Х13 12Х12		З(1000-1050) О(600—770)	600	750	14	40	30	235—271	ГОСТ 25054
Уплотнительная плоская прокладка	Тонкий лист	Алюминиевые сплавы АД0, АД1, А5, А6, А7	1—5	О	—	60	20	—	—	—	ГОСТ 21631
		Медь М 1, М2,М1Р, М2Р		—	95	200	30	—	—	50	ГОСТ 495
Наружные кожухи и центральные обечайки	Лист	10Г2С	10—20	Н	335	480	21	—	60	156—190	ГОСТ 5520
		09Г2С			325	470				120—179	
		16Г2С			315	480				148—197	
		20К			245	402	25			123—179	
			21—32		235	402	23				
		09Г2С			305	460				120—179	
		10Г2С1			325	470	21			156—180	
		16ГС			295	470				148—197	

Продолжение табл. 5.7

Изделие	Вид заготовки	Марка стали	Толщина заготовки, мм, не более	Термическая обработка (температура, °С)	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	*KCU*, Дж/см^2	НВ	Стандарт
					МПа		%				
Центральные обечайки с защитным слоем	Двухслойный лист	2ОК+ О8Х18Н1ОТ	12..22		245	4О2	25		59	—	ГОСТ О885 ГОСТ 552О
		2ОК+ 12Х18Н1ОТ	23..32		235	4О2					
		2ОК+ О8Х17Н15М3Т	12..22		325	47О	21				
		О9Г2С+ О8Х18Н1ОТ									
		О9Г2С+ 12Х18Н1ОТ О9Г2С+ О8Х17Н15М3Т	23..32		3О6	46О					
		16ГС+ О8Х18Н1ОТ 16ГС+ О8Х17Н15М3Т	12..22	—	315	48О	21				
		12ХМ+ О8Х18Н1ОТ	12..4О		245	<44О	22				
		12ХМ+ 12Х18Н1ОТ									
		12ХМ+ О8Х18Н1ОТ 12ХМ+ 12Х18Н1ОТ			221	42О	24				
		1ОХ2М1+ О8Х18Н1ОТ	До 6О		235	44О	19				
Спиральные слои, наружные кожухи, клинообразные вставки	Рулонная полоса	О8Г2СФБ	5	—	45О	6ОО	21	—	5О	—	ТУ 14-1-36О9
		12ХГНМ 12ХГНМФ	4	Н(92О) О(72О)	5ОО	7ОО	17	—	—	—	ТУ 14-1-3226
		15ХГНМФТ	5	Н(92О) О(7ОО)	45О	65О	17	—	—	—	ТУ 14-1О5--45О
Футеровка днищ, крышек фланцев, горловин	Лист	О8Х18Н1ОТ 12Х18Н1ОТ О8Х17Н13М3Т 1ОХ17Н13М3Т О3Х17Н14М3ВО	До 2О	3(1О3О--1О8О) (в воде или на воздухе)	2О6 236 196 236 196	5О9 53О 5О9 53О 49О	43 38 4О 37 3О	—	—	—	ГОСТ 735О ТУ 14-1-1154
Штампосварные крышки, днища, горловины	Лист	О9Г2С	33—6О 61—8О 81—16О	Нормализация со штамповочного нагрева	285 275 165	45О 44О 43О		—	59	12О—179	ГОСТ 552О
		1ОГ2С1	33—6О 61—1ОО		325 295	45О 43О	21	—		16О—19О	
		16ГС	33—6О 61—1ОО		285 275	46О 45О		—		163	

Продолжение табл. 5.7

Изделие	Вид заготовки	Марка стали	Толщина заготовки, мм, не более	Термическая обработка (температура, °С)	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_в$	δ_5	ψ	*KCU*, Дж/см^2	НВ	Стандарт
					МПа		%				
Шпильки	Поковки, сортовой прокат	35Х; 38ХА	До 100	З(860) О(500—550)	588	735	14	—	59	235—277	ОСТ 26-01-144
		40Х		З(860) О(500)							
		40ХФА		З(880) О(650)							
		30ХМА 35ХМ	До 80 80—200	З(880) О(540) З(850) О(560)	637 539	784 686	13 12	—	59 49	241—293 212—248	ОСТ 26-01-144
		38ХН3МФА 34ХН3М	До 200	З(850) О(590—600)	784	933	12	—	59	293—339	
		25Х1МФ	200	З(860) О(620—660)	667	784	16	—	59	241—311	
		12Х18Н10Т		З(1020—1100)	196	508	40	—	—	179	
Шайбы		35, 40, 35Х; 38ХА, 40Х; 30ХМА; 35ХМ	40	—		—	—	—	—	212—248	
Гайки		35 40		Н(870)	275 294	529 549	20 18	—	44 39	156—187 163—187	
		35Х 38ХА	240	З(860) О(500—550)	491	657	16		592	12—248	
		40Х; 30ХМА; 35ХМ		З(830—870) О(500—560)							
		25Х1МФ		З(950) О(660)	667	734	16	—	59	241—285	

Н — нормализация, О — отпуск, З — закалка.

Таблица 5.8

Прочностные характеристики сталей при нормальной и повышенной температурах

Марка стали	Вид заготовки	Стандарт на заготовку или деталь	Нормативные прочностные характеристики при 20°С		$\sigma_{0,2}$, при *t*, °С								$\sigma_в$, при *t*, °С							
			$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	100	150	200	250	300	350	400	450	100	150	200	250	300	350	400	450
20	Поковки	ОСТ 26-01-135	170	340	170	165	160	150	140	130	110	—	340	335	320	310	300	290	280	—
22К			220	440	220	210	200	195	190	185	170	—	440	420	400	390	380	380	370	—
09Г2С			300	460	285	275	260	240	210	200	190	—	450	445	440	420	390	385	380	—
14ХГС			320	500	300	290	280	270	260	255	—	—	475	465	450	440	430	420	—	—
20Х2М			450 400	600 550	425 385	415 370	400 355	380 340	350 310	330 295	300 265	275 245	580 530	565 520	550 510	530 485	500 460	480 440	450 410	425 390
22Х3М			450	600	425	415	400	380	350	330	300	275	580	565	550	530	500	480	450	420
			400	550	380	365	350	325	300	275	250	225	535	520	500	475	450	425	400	375

Продолжение табл. 5.8

Марка стали	Вид заготовки	Стандарт на заготовку или деталь	Нормативные прочностные характеристики при 20°С		$\sigma_{0,2}$, при t, °С								$\sigma_в$, при t, °С							
			$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	100	150	200	250	300	350	400	450	100	150	200	250	300	350	400	450
18Х3МВ	Поковки	ОСТ 26О1-135	450	600	435	425	400	390	380	370	350	310	575	560	550	535	525	510	500	470
15Х2МФА 25Х2МФА			440	580	430	425	420	410	405	400	375	350	550	540	530	520	510	500	480	450
18Х2МФА 25Х3МФА			540	650	530	525	520	510	505	500	460	430	630	610	600	580	570	560	530	500
20Х3МВФ			680	800	660	645	630	610	600	590	580	540	760	745	730	700	690	670	650	620
10Г2С	Листовая сталь	ГОСТ 19281 ГОСТ 5520	340	490	310	290	275	255	235	205	185	—	490	480	470	455	425	415	400	—
			330	480	300	285	265	250	220	200	180	—	480	470	460	440	420	405	390	—
			330 300	460 440	— 275	— 260	— 245	— 225	— 200	— 180	— 165	—	460 440	460 430	450 420	430 400	410 390	400 380	380 370	—
16ГС			320	420	300	290	275	255	220	200	175	—	480	470	460	450	420	410	400	—
			300	480	280	270	260	240	205	185	165	—	470	460	450	440	415	400	390	—
			290	470	270	260	250	230	200	180	160		450	440	430	420	410	390	380	—
			280	460	260	250	240	220	195	175	155	—	440	430	420	410	390	380	370	—
12ХМ		ГОСТ 5520	250	450	250	240	240	230	220	210	200	190	—	—	430	—	420	400	—	—
12МХ			220	420	220	215	215	215	210	205	190	180	—	—	410	—	410	380	—	—
12Х1МФ			300	450	270	265	260	250	240	230	220	210	440	435	430	430	420	400	380	350
10Х2М1			240	430	240	235	230	230	220	210	200	190	—	—	420	—	405	400	—	—
20К			250	400	245	240	240	215	195	175	150	—	420	415	410	400	380	370	360	340
			240	410	235	230	230	210	190	165	145	—								
09Г2С	Листовая сталь	ГОСТ 5520; ГОСТ 19281	330	480	305	290	275	260	225	205	180	—	480	470	460	450	425	400	390	—
			310	470	285	275	260	245	215	190	170	—	465	450	435	420	400	390	380	—
09Г2С	Листовая сталь	ГОСТ 5520; ГОСТ 19281	290	460	265	255	240	230	200	180	160	—	440	430	420	410	400	390	380	—
			280	450	260	245	235	220	195	175	15	—	430	420	410	400	390	380	370	—
			270	440	250	235	225	215	185	170	150		420	410	400	390	380	370	360	—
15ГС	Поковки	ОСТ 26О1-135	300	500	300	290	280	250	230	200	170	—	460	460	450	440	420	410	400	—
16ГС			280	460	280	270	260	250	230	200	170	—	460	460	450	440	420	410	400	—
08Г2СФБ	Рулонная сталь	ОСТ 24.2О1.О3	450	600	420	400	385	370	350	320	—	—	585	575	570	560	550	480	—	—
12ХГНМ; 12ХГНМФ			500	700	490	485	475	465	450	450	390	350	685	680	670	660	650	650	630	600
15ХГНМФТ			450	650	440	435	425	420	410	400	370	—	635	630	625	615	605	600	580	—
15Х5М	Поковки	ГОСТ 20072	220	400	210	200	190	185	180	175	170	165	380	355	330	325	320	315	310	290
08Х13;12Х13		ОСТ 26О1-135	350	550	350	340	330	325	320	310	290	280	550	530	510	505	500	480	460	410
20Х13 30Х13			450 600	600 720	430 550	420 540	410 530	400 520	370 510	370 470	370 450	350 430	600 680	560 670	540 670	520 655	500 640	485 610	470 580	440 560
08Х17Н13М2Т; 08Х17Н15М3Т; 10Х17Н13М2Т; 10Х17Н13М3Т			200	500	190	180	175	170	160	155	150	145	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 5.8

Марка стали	Вид заготовки	Стандарт на заготовку или деталь	Нормативные прочностные характеристики при 20°С		$\sigma_{0,2}$, при t, °С								$\sigma_в$, при t, °С							
			$\delta_{0,2}$, МПа	$\delta_в$, МПа	100	150	200	250	300	350	400	450	100	150	200	250	300	350	400	450
35	Поковки или сортовой прокат	ОСТ 26О1-144; ОСТ 26О1-135	280	540	270	260	250	230	220	200	180	160	540	540	540	530	520	490	450	410
40			300	560	290	275	260	250	230	220	200	170	550	550	550	540	530	500	460	420
35Х; 38ХА			600	750	575	555	540	530	520	500	480	460	735	725	720	700	680	620	560	500
40Х; 40ХФА			500	670	465	440	420	400	380	375	370	360	645	620	610	600	580	560	500	—
30ХМА			650	800	620	610	600	570	550	510	480	440	790	785	780	770	740	710	660	600
			500	670	480	470	460	440	420	390	370	340	660	655	650	645	620	595	550	500
			400	600	380	380	370	350	340	340	330	300	580	560	540	520	500	490	470	420
25Х1МФ			680	800	650	635	620	600	570	540	500	460	790	785	780	770	740	710	660	600
38ХН3МФА			650	800	630	610	590	580	575	570	560	550	750	735	720	710	700	680	620	—
			800	950	775	750	720	715	710	700	690	675	890	875	860	855	840	770	770	735
12Х18Н10Т			200	500	190	180	175	170	160	155	150	145	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 5.9

Пределы длительной прочности и ползучести сталей

Марка стали	Рекомендуемый режим (t, °С,среда)		Температура испытания, °С	Предел длительной прочности, МПа, за время, ч		Предел ползучести, МПа, за время,ч	
	закалки (нормализации)	отпуска		10^4	10^5	10^4	10^5
12ХМ	910...930 воздух	670...690 воздух	450 480 510 540	—	270 200 120 73	240 225 170 122	200 155 120 82
12МХ	920 воздух	680...690 воздух	450 480 510 540	340 250 160 110	270 200 120 70	240 220 — —	200 150 70 35
30ХМ	870 вода	600 воздух	425 450 500	340 300 200	290 230 150	— — 140	140 110 55
12Х1МФ	960...980 воздух	740...760 воздух	480 520 560	260 200 140	200 160 108	240 180 118	190 130 75
25Х1МФ	880...900 масло	640...660 вода	450 475 500 525 550	— — 260 — 100	— — 170 115 60	90	230 145 80 53 30
25Х1М1Ф	900 масло	640...660 воздух	450 480 500 525 550	440 — 260—310 230—280 205	390 — 220—260 180—220 150	—	29 22 140—150 125 95
25Х2М1Ф	1050 воздух	680...700 воздух	550	160—220	—	—	70
18Х3МВ	890...910 масло	660...680	450 500 550	—	—	230 120 75	160

Продолжение табл. 5.9

Марка стали	Рекомендуемый режим (*t*, °С,среда)		Температура испытания, °С	Предел длительной прочности, МПа, за время, ч		Предел ползучести, МПа, за время,ч	
	закалки (нормализации)	отпуска		10^4	10^5	10^4	10^5
20Х3МВФ	1000 масло	670	475 500 550 560 580 600	295 250 200...240 210 170 110	260 210 180 170 130 70	260 250 — — — —	150 120 90...110 90 60 22
20Х3МВФ	1050 масло	680 воздух	450 500 525 550 560 580 600	445 370 340 210...240 210 170 110	400 340 300 180 170 130 70	—	250 175 — 90...110 90 60 22
20Х3МВФ	1030... 1080 масло	660...700 воздух	500 550 580	340 200 140	300 160 100	180 130 —	150 100 50
38ХН3МФА	820...830 масло	670...680 воздух	450 500 550	350 190 120	260 130 75	160 54 —	200 100 19
34ХН3М	860 масло	580...620 воздух	450 500 550	330 115...155 70	230 60...78 40	300 100 32	160 35 12
15Х5М	950...980 воздух	840...880 воздух	480 540	180 100	150 75	105 65	70 40
12ХГНМ	920 воздух	700 воздух	450 560	500 60	460 —	—	—
12ХГНМФ	920 воздух	700 воздух	560	130	—	—	—
12Х13	1030... 1050 масло	680...700 воздух	400 425 450 500 600	— 300 250 145 47	— 270 220 120 —	— — — 95 —	123 — 105 57 —
20Х13	1000... 1020 воздух	720...750 воздух	450 475 500 530 550	30 — 19,5 10,5 —	26 — 16 7,6 —	—	128 7,6 4,8 — 3,0
30Х13	1000 воздух	650 воздух	400 450	—	—	—	134 84
12Х18Н10Т	1050...1080 вода (воздух)	— —	600 650	150 80...100	110 —	—	75 30...40
12Х18Н9Т	1030...1080 вода	—	500 525 550 575 600 625	250 210 190 155 135 110	200 170 150 130 100 80	—	— — — — 75 —

Таблица 5.10

Релаксационная стойкость сталей

Марка стали	Термическая обработка* (температура, °С, среда)	Твердость, НВ	$\sigma_{0,2}$, МПа	t,°С	Начальное напряжение, МПа	Остаточное напряжение, МПа, после испытаний в течение, ч		
						10^3	5×10^3	10^4
30Х	З(860; масло) О(500)	269	670	400 300	200 270	53 245	— 230	— —
40Х	З(820...840) масло О(680)	207...217	600	350 400	270 360	180 100	150 63	— —
30ХМ	З(870; масло) О(650)	196...207	630	450	150 250 100	74 105 45	53 90 20	— — —
				500	150 200	64 73	37 44	— —
	Н(880), О(650)	207	503	450	150	83	71	58
	Н(1000), О(650)	217	—	—	250 150 250	123 98 162	102 83 132	82 70 105
35ХМ	З(880; масло) О(650)	269	780	400	150 250 350	65 99 120	53 77 98	45 64 82
				450	150 250	61,5 87	47 68	33 52
25Х1МФ	Н(920), О(650)	277	867	500	120 250 350	79 160 205	70 125 180	57 92 150
	Н(1000), О(650)	289	866	500	120 250 350	88 175 235	78 152 215	70 130 190
				525	200	80*[2]	50*[3]	—
	З(920; масло) О(650)	293	920		150	78	57	38
				525	200	80*[2]	50*[3]	—
25Х1М1Ф	Н(950), О(700)	241	680	450	250	179	170	163
	Н(950), О(680)	255	785	500	300 350	216 245	200 228	194 218
	Н(950) О(650...660)	286	—		250	137	93	75
		293 302	—		300 350	175 188	142 153	116 118
		255	—		300	154	109	—
	Н(950...1000) О(650...670)	—	—	525	200 250 300	132 165 195	97 124 148	80 100 125
20Х1М1Ф1ТР	З(980, масло) О(700)	255	750	450	250 300 350	207 250 288	201 238 275	194 232 270
				500	250 300 350	193 228 262	182 219 249	174 207 242

Продолжение табл. 5.10

Марка стали	Термическая обработка* (температура, °С, среда)	Твердость, НВ	$\sigma_{0,2}$, МПа	t,°С	Начальное напряжение, МПа	Остаточное напряжение, МПа, после испытаний в течение, ч		
						10^3	5×10^3	10^4
20Х1М1Ф1БР	Н(1030...1050) О(600)	255...269	750	500	260 320 370	198*[3] 240*[3] 275*[3]	188*[4] 220*[4] 260*[4]	170 212 248
				525	250 300 350	178 205 235	167 197 225	160 185 205
12Х13	З(1030...1050 масло); О(680... 670)	—	410	400	300 250 200	186 163 148	178 153 138	160 138 121
	З(1030...1050 масло) О(680...670)		410	450	300 250 200 150	145 124 109 81	118 107 88 75	101 95 72
20Х13	Н(1000...1020) О(730...750)	187...217	520	400	350 300 250 200	230 210 170 130	195 170 160 130	—
				450	350 300 250	150 130 110	115 95 80	—
30Х13	Н(1000), О(650)	269...285	710	450	300 250 200 150	115 95 85 63	94 68 64 46	—

З — закалка; О — отпуск; Н — нормализация
*[2] 500 ч, *[3] 2000 ч, *[4] 4000 ч.

Таблица 5.11

Модуль упругости сталей

Сталь	Модуль упругости $E\times10^{-3}$, МПа								
	Температура t,°С								
	20	100	200	300	400	500	550	600	650
Углеродистая с содержанием С: менее 0,25 %*[1] более 0,25 %*[2]	200 210	195 205	190 195	180 185	170 175	160 160	— —	— —	— —
Низколегированная с содержанием С: менее 0,25 %*[3] более 0,25 %*[4]	210 215	205 210	200 205	195 200	185 190	175 180	170 175	165 170	— —
Высокохромистая*[5]	220	215	210	200	190	180	175	170	160
Аустенитная хромоникелевая*[6]	205	200	190	180	170	165	—	160	155

[1] Стали 10; 15; 20; 25; 15К; 20К.
[2] Стали 30; 35; 40; 50.
[3] Стали 09Г2С; 10Г2С1; 08Г2СФБ; 16ГС; 16Г2АФ; 15Х; 12ХГНМ; 12ХГНМФ; 15ХГНМФТ; 12МХ; 12Х1МФ.
[4] Стали 30Х; 38Х; 40Х; 35ХМА; 45Х; 38ХМЮА; 25Х1МФ; 25Х2М1Ф; 35ХМФА; 20Х1М1ФТР; 22Х3М; 20Х2М; 20Х3МВФ.
[5] Стали 10Х13; 20Х13; 30Х13; 40Х13; 15ХНМФ; 1Х12Н2ВМФ.
[6] Стали 12Х18Н9; 12Х18Н10Т; 12Х18Н12Т; 20Х23Н18; 0Х18Н12Б; 1Х16Н9М2; 08Х16Н13М2Б; 09Х14Н19В2БР; 03Х16Ш5М3Б; 03Х17Н14М3; 08Х17Н13М2Т; 10Х17Н13М3Т; Х18Н22В2Т.

Таблица 5.12

Температурный коаôôициент линейного расширения

Сталь	Средние значения αx1O^6, 1/°C													
	Интервал температур от 2O до *t* °C													
	5O	1OO	15O	2OO	25O	3OO	35O	4OO	45O	5OO	55O	6OO	65O	7OO
Углеродистая и низколегированная	11,5	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,6	13,8	14,O	14,2	14,4	—	—
Хромистая коррозионностойкая	1O,O	1O,3	1O,6	1O,8	11,O	11,2	11,4	11,5	11,7	11,8	11,9	12,O	—	—
Аустенитная хромоникелевая	16,4	36,6	16,8	17,O	17,2	17,4	17,6	17,8	18,O	18,2	18,4	18,5	18,7	18,8

Таблица 5.13

Кстинная удельная массовая теплоемкость $\tilde{n}_{\partial}$ сталей

Сталь	Значения c_p, кДж/(кг ×°C)							
	Температура,°C							
	5O	1OO	2OO	3OO	4OO	5OO	6OO	7OO
1O	—	O,465	O,477	—	O,51O	—	O,565	—
15	O,465	O,481	O,532	O,578	O,62O	O,687	O,774	O,942
2O	O,483	O,486	O,488	O,514	O,533	O,555	O,584	O,636
25	—	O,465	O,481	—	O,519	O,569	—	—
35	O,465	O,42O	O,532	O,569	O,611	O,666	O,754	O,913
4O	O,486	O,494	O,523	O,561	O,599	O,67O	O,72O	O,8O9
2OK	—	O,465	O,481	—	O,535	O,569	—	—
22K	—	O,465	O,481	—	O,519	O,589	—	—
2OГ	—	O,465	O,481	—	O,535	O,569	—	—
3OX	O,482	O,494	O,528	O,565	O,611	O,687	O,754	O,948
12MX	O,448	O,473	O,519	O,565	O,594	O,653	O,738	O,888
12X1MФ	O,473	O,5O7	O,561	O,6O7	O,649	O,695	O,783	O,934
15X1M1Ф	O,444	O,465	O,525	O,565	O,611	O,668	O,754	O,821
25X2M1Ф	—	O,535	O,531	O,6O7	O,632	O,674	O,732	—
2OX3MBФ	—	O,6O2	O,561	O,611	O,657	O,715	O,753	—
2OX13	O,448	O,473	O,528	O,569	O,62O	O,691	O,774	O,988
3OX13	O,473	O,482	O,519	O,561	O,615	O,7O3	O,812	O,959
4OX13	O,452	O,473	O,519	O,561	O,616	O,686	O,77O	O,988
12X18H1OT; 12X18H9T; 12X18H12T	O,473	O,494	O,575	O,536	O,548	O,561	O,574	O,594
45X14H14B2	O,46O	O,486	O,515	O,536	O,544	O,557	O,59O	O,624
O3X16H15M3	O,46O	O,482	O,515	O,582	O,54O	O,548	O,6O3	O,574

Таблица 5.14

Коаббициент теплопроводности конструкционных сталей

Сталь	Значения λ, Вт/(м×°С)					
	Температура, °С					
	100	200	300	400	500	600
10	57,7	53,5	49,4	44,8	40,2	38,1
15	53,4	53,3	49,3	46,0	42,8	39,1
20	51,0	48,5	44,4	42,7	39,3	35,6
25	51,1	48,9	46,1	42,7	—	—
30	50,3	48,6	45,0	42,3	39,8	—
35	49,4	49,1	46,5	43,7	40,6	37,9
40	50,6	48,1	45,6	41,9	38,1	36,0
45	48,1	46,5	44,0	41,0	38,5	36,0
20К	50,7	48,6	46,1	42,3	40,7	—
22К	49,4	49,8	45,6	43,5	41,4	—
20Г	77,8	66,6	47,7	—	—	—
30Г	75,4	64,5	52,3	43,9	—	—
40Г	59,5	53,2	—	46,9	23,9	—
09Г2С	44,5	43,5	41,9	39,8	37,1	33,7
10Г2С1	44,5	43,3	41,8	39,7	37,0	33,7
20Х	50,2	46,0	41,9	40,2	38,1	—
40Х	46,0	42,7	39,4	35,6	—	—
38ХС	—	35,6	—	34,8	33,5	
40ХФА	52,3	41,9	45,2	41,9	—	—
Г2МХ	44,5	43,1	40,9	38,7	36,9	34,6
15ХМ	44,2	41,3	40,7	39,0	36,0	33,7
20ХМ	41,9	42,7	42,1	40,2	37,8	35,8
30ХМА	41,9	40,7	39,6	38,4	—	—
35ХМ	40,6	39,8	38,5	37,3	—	—
12ХГНМ	46,5	45,0	43,4	41,1	37,9	34,3
12ХГНМФ	46,5	45,0	43,4	41,1	37,9	34,3
15ХНМФТ	46,5	45,0	43,4	41,1	37,9	34,3
12Х1МФ	44,2	43,7	41,8	39,7	37,2	35,0
25Х1 МФ	39,8	38,8	37,9	36,9	35,9	34,8
15Х1М1Ф	41,5	41,5	41,1	39,8	37,7	36,2
25Х1М1Ф	40,6	39,8	39,0	37,7	36,0	33,9
25Х2М1Ф	32,8	32,0	30,2	28,6	28,1	26,5
20Х2М	37,1	37,7	36,6	35,1	33,8	32,8
22Х3 М	37,2	37,8	36,8	34,7	33,1	30,9
10Х3МВФ	35,7	33,2	36,5	30,7	29,8	29,4
34ХН3М	41,0	37,7	33,9	30,6	—	—
Х5М	36,6	35,8	35,3	34,4	33,4	—
12Х13	27,6	27,6	28,0	28,0	28,0	28,0
20Х13	25,1	27,6	28,0	27,6	27,2	—
30Х13	25,1	25,5	25,5	—	25,5	—
40Х13	27,6	28,9	29,3	28,9	28,5	28,0
08Х18Н10Т	16,3	17,6	18,8	21,4	23,0	24,7
12Х18Н10Т	16,3	17,6	18,8	21,4	23,0	24,7
12Х18Н12Т	16,3	17,5	18,8	21,3	23,0	24,7
36Х18Н25С2	15,0	—	—	—	22,19	25,12
20Х23Н18	15,9	—	39,7	—	—	21,8
20Х12ВНМФ	—	24,7	25,5	25,9	26,4	26,8
18Х12ВМБФР	—	21,8	23,9	25,7	26,4	27,4
37Х12Н8Г8МФБ	17,2	18,4	19,7	21,4	23,0	24,7
45Х14Н14В2М	15,5	16,7	18,8	20,0	20,9	24,3
31Х19Н9МВБТ	15,1	16,3	18,4	20,1	21,8	25,1
ХН35ВТ	13,4	15,5	17,2	18,8	20,5	22,2
ХН35ВТЮ	15,5	17,6	19,2	20,9	22,6	24,7
ХН78Т	14,6	16,7	18,4	20,5	22,6	24,7
ХН77ТЮР	13,8	15,1	17,2	18,8	20,9	23,4
ХН75МВЮ	10,0	11,72	13,4	15,1	17,6	20,1
08Г2СФБ	45,0	43,8	42,5	39,9	37,2	33,8

В данной главе все ссылки сделаны на нормативные документы, действующие на момент издания справочника.

ГЛАВА 6

¡ВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СМЛАВЫ

В химическом аппарато- и машиностроении огромную роль играют цветные металлы и сплавы, которые обладают уникальными техническими качествами, могут работать в высокоагрессивных средах в широком диапозоне рабочих температур и давлений. В табл. 6.1 приведен перечень цветных металлов и сплавов рекомендованных для производства листов и плит, в табл. 6.2 — для производства труб, в табл. 6.3 — для производства прутков и литья.

6.1. КА ЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, МЕХАНОТЕХНОЛОГИ ЕСКИЕ СВОŃСТВА И ОБuАЯ О¡ЕНКА КОРРОЗИОННОŃ СТОŃКОСТИ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ ¡ВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СМЛАВОВ

Табл. 6.1

Материалы для листов и плит из цветных металлов и сплавов (ГОСТ 34347)

Марка материала	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Л63, Л68, ЛС59-1, ЛО62-1 по ГОСТ 15527	ГОСТ 22О8	От –27О до 25О	Не ограничено	ГОСТ 22О8	1
ЛХМц 59-1-1 по ГОСТ 15527	ТУ 48-21-897			ТУ 48-21-897	
НМХМц 28-2,5-1,5 по ГОСТ 492	ГОСТ 5О63	От – 7О до 36О	2,5	ГОСТ 5О63	
А5, А6, АДО, АД1, АМц, АМг3, АМг5 по ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	От – 27О до 15О	6	ГОСТ 21631	
АДО, АД1, А5, А6, АМц по ГОСТ 4784	ГОСТ 17232	От – 7О до 15О		ГОСТ 17232	
АМг3, АМг5, АМг6 по ГОСТ 4784		От – 21О до 15О			

Приме чание. Материалы применяют только в мягком состоянии. Указанные ТУ действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Таблица 6.2

Материалы для труб из цветных металлов и сплавов (ГОСТ 34347)

Марка материала	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
Л68, ЛО7О-1, ЛОМш 7О-1-О,О5, ЛАМш 77-2-О,О5 по ГОСТ 15527	ГОСТ 21646	От –196 до 25О	Не ограничено	ГОСТ 21646	1, 2
Л63, Л68, ЛС59-1, ЛХМц 59-1-1 по ГОСТ 15527	ГОСТ 494	От –253 до 25О		ГОСТ 494	1, 2, 3
МНХ5-1 по ГОСТ 492	ГОСТ 17217	От –196 до 2ОО		ГОСТ 17217	1
МНХМц 3О-1-1 по ГОСТ 492	ГОСТ 1ОО92	От О до 25О		ГОСТ 1ОО92	
АДО, АД1, АМц по ГОСТ 4784	ГОСТ 18475	От –27О до 15О	6	ГОСТ 18475	
АМг2, АМг3, АМг5 по ГОСТ 4784	ГОСТ 18482			ГОСТ 18482	

Приме чания. 1. Трубы необходимо поставлять в мягком состоянии. 2. По требованию потребителя тянутые и холоднокатаные трубы с толщиной не более 3 мм подвергают испытанию на сплющивание. 3. По соглашению сторон трубы марок Л63, Л68 изготовляют с повышенной пластичностью.

Таблица 6.3

Материал прутков и литья из цветных металлов и сплавов (ГОСТ 34347)

Марка материала	Технические требования	Допустимые параметры эксплуатации		Вид испытания и дополнительное требование	Номер примечания к данной таблице
		Температура стенки, °С	Давление среды, МПа, не более		
НМХМц 28-2,5-1,5 по ГОСТ 492	ГОСТ 1525	От –70 до 250	2,5	ГОСТ 1525	1
ЛЦ23А6Х3Мц2 (ЛАХМц 66-6-3-2) по ГОСТ 17711	ГОСТ 17711		Не ограничено	ГОСТ 17711	
АДО, АМг2, АМц по ГОСТ 4784	ГОСТ 21488	От –70 до 150	6	ГОСТ 21488	

Примечание. Прутки и литье поставляются в мягком состоянии.

Классификация и состав.

В зависимости от химического состава первичный алюминий подразделяется на алюминий высокой и технической чистоты.

Химический состав марок алюминия, гарантированный производителем, приведен в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Химический состав первичного алюминия (%) (ГОСТ 11069)

Марка	Примесь, не более									Алюминий, не менее
	Кремний	Железо	Медь	Марганец	Магний	Цинк	Галлий	Титан	Прочие примеси (каждая в отдельности)	
Алюминий высокой чистоты										
А995	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,0010	0,001	0,0030	0,001	0,001	99,995
А99	0,003	0,003	0,0020	0,002	0,0010	0,003	0,0030	0,002	0,001	99,99
А98	0,006	0,006	0,0020	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001	99,98
А97	0,015	0,015	0,005	0,002	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	99,97
А95	0,020	0,025	0,010	0,002	0,005	0,005	0,003	0,002	0,005	99,95
Алюминий технической чистоты										
А92	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,014	0,01	0,01	99,92
А9	0,04	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,014	0,01	0,02	99,90
А85	0,06	0,08	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,008	0,02	99,85
А8	0,10	0,12	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	99,80
А7	0,15	0,16	0,01	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	99,70
А7Е	0,08	0,20	0,01	–	0,02	0,04	0,03	0,011)	0,02	99,70
А7Э	0,10	0,20	0,01	0,03	–	0,03	0,04	0,012)	0,03	99,70
А6	0,18	0,25	0,01	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,03	99,60
А5Е	0,10	0,353)	0,02	–	0,03	0,04	0,03	0,0151)	0,02	99,50
А5	0,25	0,30	0,02	0,05	0,03	0,06	0,03	0,02	0,03	99,50
А35	0,65	Si+Fe4)	0,05	0,05	0,05	0,10	–	0,02	0,03	99,35
АО	0,50	0,50	0,05	0,05	0,05	0,10	–	0,02	0,03	99,00

1) Для суммы титана, ванадия, хрома и марганца. 2) Массовая доля ванадия не более 0,03%. 3) Допускаемая массовая доля железа не менее 0,18%. 4) В документе о качестве указывается фактическое значение массовой доли железа и кремния отдельно.

Примечания. 1 В алюминии марки А5Е, предназначенном для изготовления катанки марки А5Е–ПТ по ГОСТ 13843, допускается массовая доля кремния не более 0,12%.

2 В алюминии марки А5Е при массовой доле примесей титана, ванадия, марганца и хрома не более 0,010% допускается массовая доля кремния до 0,15% при условии соответствия п.3.3. ГОСТ 11069.

В алюминии технической чистоты всех марок, используемом для изготовления пищевой посуды, массовая доля мышьяка должна быть не более 0,015%.

В алюминии высокой чистоты массовая доля магния не учитывается в сумме примесей при расчете марки алюминия.

По согласованию с потребителем производитель определяет массовую долю натрия и лития и указывает результат с точностью до третьего знака после запятой в документе о качестве на конкретный вид продукции.

По согласованию потребителя с производителем перечень определяемых примесей, их предельные массовые доли, периодичность контроля, порядок расчета марки алюминия и содержание документа о качестве устанавливают в заказе.

Массовую долю алюминия в металле высокой чистоты определяют по разности 100,00% и суммы массовых долей определяемых примесей, массовая доля каждой из которых равна или более 0,0010% и рассчитывается до третьего знака после запятой перед определением суммы.

6.k. СОРТАМЕНТ ИЗ АЛЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНИЕВЫХ СМЛАВОВ

6.k.1. Листы из алюминия и алюминиевых смлавов

Листы в зависимости от марки сплава, плакировки и состояния материала изготовляют следующих размеров, указанных в табл. 6.5 (в мм) (ГОСТ 21631).

Таблица 6.5

Состояние материала листов	Марка алюминия и алюминиевого сплава и плакировки	Толщина листа	Ширина листа	Длина листа
Без термической обработки	А7, А6, А5, АО	От 5,0 до 10,5	600, 800, 900	2000
	АДО, АД1, АДОО, АД		600, 800, 900	2000
	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД, АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АМг6Б, АВ, Д1А, Д16А, В95-1А, В95-1, В95-2А, ВД1А, ВД1Б, ВД1, АКМА		1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	В95А		1000, 1200, 1425, 1500, 2000	От 2000 до 7000
	1915		1200, 1500, 2000	От 2000 до 7000
Отожженные	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД	От 0,3 до 10,5	600, 800 900, 1000	2000
	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД, АМц, АМцС, АВ, АМг2	От 0,5 до 0,7	1000, 1200,1400, 1500, 1600	От 2000 до 4000
		Св. 0,7 до 10,5	1000, 1200,1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	АМг3, АМг5, АМг6, АМг6Б	От 0,5 до 0,7	1000, 1200,1400, 1500, 1600	От 2000 до 7000
		Св. 0,7 до 10,5	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	АМг6У	Св. 2,0 до 5,5	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	Д12	От 0,5 до 4,0	1200, 1500	От 3000 до 4000
	Д1А, Д16Б, Д16, Д16А	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1400, 1500, 1600	От 2000 до 4000
		Св. 0,7 до 4,0	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
		Св. 4,0 до 10,5		От 2000 до 7000
	Д16У	От 0,5 до 0,7	1200, 1500	От 2000 до 4000
		Св. 0,7 до 4,0		От 2000 до 7000
	Б95А	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1425, 1500	От 2000 до 4000
		Св. 0,7 до 4,0	1000, 1200, 1425, 1500, 2000	От 2000 до 7000
		Св. 4,0 до 10,5		От 2000 до 7000
	В95-2А, В95-2Б, В95-1А, АКМБ, АКМА, АКМ	От 1,0 до 10,5	1200, 1400, 1500	От 2000 до 7000

ВД1А, ВД1, ВД1Б	От 0,8 до 10,5	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000

Продолжение табл. 6.5

Состояние материала листов	Марка алюминия и алюминиевого сплава и плакировки	Толщина листа	Ширина листа	Длина листа
Отожженные	1915	0,8	1200	От 2000 до 5000
		От 1,0 до 4,5	1200, 1500	
Полунагартованные	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД	От 0,8 до 4,5	1000, 1200, 1400, 1500	От 2000 до 4000
	АМц, АМцС, АМг2, АМг3	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1400, 1500, 1600	От 2000 до 7000
		Св. 0,7 до 4,0	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	
	Д12	От 0,5 до 4,0	1200, 1500	От 3000 до 4000
Нагартованные	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД	От 0,3 до 10,5	600, 800, 900, 1000	2000
	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1400, 1500, 1600	От 2000 до 7000
		Св. 0,7 до 4,0	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	
	ММ	От 1,0 до 4,5	1000, 1200, 1400, 1500	От 2000 до 4000
	АМц, АМцС, АМг2	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1400, 1500, 1600	От 2000 до 7000
		Св. 0,7 до 4,0	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	
	ВД1Б, ВД1А, ВД1, АКМА	От 0,8 до 4,0	1000, 1200, 1500	От 2000 до 7000
Закаленные и естественно состаренные	АВ, Д1А, Д16Б, Д16, Д16А	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1400, 1500, 1600	От 2000 до 5000
		Св. 0,7 до 10,5	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7200
	Д16У	От 0,5 до 4,0	1200, 1500	От 2000 до 7200
	В95-2А, ВД1А, ВД1, ВД1Б, В95-1А, АКМА	От 0,8 до 10,5	1000, 1200, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	1915	От 1,0 до 4,5	1200, 1500	От 2000 до 5000
		Св. 4,5 до 10,5	1200, 1500, 2000	От 2000 до 7000
Закаленные и искусственно состаренные	АВ	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1400, 1500, 1600	От 2000 до 5000
		Св. 0,7 до 10,5	1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	В95А	От 0,5 до 0,7	1000, 1200, 1425, 1500	От 2000 до 5000
		Св. 0,7 до 4,0	1000, 1200, 1425, 1500, 2000	От 2000 до 7200
		Св. 4,0 до 10,5	1000, 1200, 1425, 1500, 2000	От 2000 до 7000
Нагартованные после закалки и естественного старения	Д16Б, Д16, Д16А	От 1,5 до 7,5	1000, 1200, 1400, 1500	От 2000 до 7200

Примеры условных обозначений.

Лист из алюминиевого сплава марки АМг2 в отожженном состоянии, толщиной 0,7 мм, шириной 1200 мм, длиной 2000 мм, повышенной точности изготовления, высокой отделки поверхности:

Лист АМг2.М 0,7М х 1200М х 2000М ГОСТ 21631-76. В

Лист из алюминия марки АД1, без термической обработки, толщиной 5 мм, шириной 1000 мм, длиной 2000 мм, нормальной точности изготовления, обычной отделки поверхности:

Лист АД1 5 х 1000 х 2000 ГОСТ 21631-76

Механические свойства листов должны соответствовать требованиям, указанным в табл.6.6. (ГОСТ 21631)

$$l = 11,3\sqrt{F}, \delta, \%$$

Таблица 6.6

Механические свойства листов

Марка алюминия и алюминиевого сплава и плакировка	Состояние материала листов	Обозначение сплава и состояние материала	Состояние испытываемых образцов	Толщина листа, мм	Механические свойства при растяжении		
					Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ, %
					Не менее		
А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД	Отожженные	А7М, А6М, А5М, АОМ, АДОМ, АД1М, АДООМ, АДМ	Отожженные	От 0,3 до 0,5 Св. 0,5 « 0,9 « 0,9 « 10,5	60 (6,0) 60 (6,0) 60 (6,0)	– – –	20,0 25,0 30,0
	Полунагартованные	А7Н2, А6Н2, А5Н2, АОН2, АДОН2, АД1Н2, АДООН2, АДН2	Полунагартованные	От 0,8 до 4,5	100 (10,0)	–	6,0
	Нагартованные	А7Н, А6Н, А5Н, АОН, АДОН, АД1Н, АДООН, АДН	Нагартованные	От 0,3 до 0,8 Св. 0,8 « 3,5 « 3,5 « 10,5	145 (15,0) 145 (15,0) 130 (13,0)	– – –	3,0 4,0 5,0
	Без термической обработки	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5	70 (7,0)	–	15,0
АМц, АМцС	Отожженные	АМцМ, АМцСМ	Отожженные	От 0,5 до 0,7 Св. 0,7 « 3,0 « 3,0 « 10,5	90 (9,0) 90 (9,0) 90 (9,0)	– – –	18,0 22,0 20,0
	Полунагар–тованные	АМцН2, АМцСН2	Полунагартованные	От 0,5 до 3,5 Св. 3,5 « 4,0	145 (15,0) 145 (15,0)	– –	5,0 6,0
	Нагартованные	АМцН, АМцСН	Нагартованные	0,5 Св. 0,5 до 0,8	185 (19,0) 185 (19,0)	– –	1,0 2,0
	Нагартованные	АМцН, АМцСН	Нагартованные	Св. 0,8 до 1,2 « 1,2 « 4,0	185 (19,0) 185 (19,0)	– –	3,0 4,0
	Без термической обработки	АМц, АМцС	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5	100 (10,0)	–	10,0
ММ	Нагартованные	ММН	Нагартованные	От 1,0 до 4,5	Не испытываются		
Д12	Отожженные	Д12М	Отожженные	От 0,5 до 4,0	155 (16,0)	–	14,0
	Полунагартованные	Д12Н2	Полунагартованные	От 0,5 до 4,0	220 (22,5)	–	3,0
АМг2	Отожженные	АМг2М	Отожженные	От 0,5 до 1,0 Св. 1,0 « 10,5	165 (17,0) 165 (17,0)	– –	16,0 18,0
	Полунагартованные	АМг2Н2	Полунагартованные	От 0,5 до 1,0 Св. 1,0 « 4,0	235–314 (24,0–32,0) 235–314 (24,0–32,0)	145 (15,0) 145 (15,0)	5,0 6,0
	Нагартованные	АМг2Н	Нагартованные	От 0,5 до 1,0 Св. 1,0 « 4,0	265 (27,0) 265 (27,0)	215 (22,0) 215 (22,0)	3,0 4,0

Марка алюминия и алюминиевого сплава и плакировка	Состояние материала листов	Обозначение сплава и состояние материала	Состояние испытываемых образцов	Толщина листа, мм	Механические свойства при растяжении		
					Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ, %
					Не менее		
АМг2	Без термической обработки	АМг2	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5	175 (18,0)	–	7,0
АМг3	Отожженные	АМг3М	Отожженные	От 0,5 до 0,6	195 (20,0)	90 (9,0)	15,0
				Св. 0,6 « 4,5	195 (20,0)	100 (10,0)	15,0
				« 4,5 « 10,5	185 (19,0)	80 (8,0)	15,0
	Полунагартованные	АМг3Н2	Полунагартованные	От 0,5 до 1,0	245 (25,0)	195 (20,0)	7,0
				Св. 1,0 « 4,0	245 (25,0)	195 (20,0)	7,0
	Без термической обработки	АМг3	Без термической обработки	От 5,0 до 6,0	185 (19,0)	80 (8,0)	12,0
				Св. 6,0 « 10,5	185 (19,0)	80 (8,0)	15,0
АМг5	Отожженные	АМг5М	Отожженные	От 0,5 до 0,6	275 (28,0)	135 (14,0)	15,0
				Св. 0,6 « 4,5	275 (28,0)	145 (15,0)	15,0
				Св. 4,5 « 10,5	275 (28,0)	130 (13,0)	15,0
	Без термической обработки	АМг5	Без термической обработки	От 5,0 до 6,0	275 (28,0)	130 (13,0)	12,0
				Св. 6,0 « 10,5	275 (28,0)	130 (13,0)	15,0
АМг6Б, АМг6	Отожженные	АМг6БМ, АМг6М	Отожженные	От 0,5 до 0,6	305 (31,0)	145 (15,0)	15,0
				Св. 0,6 « 10,5	315 (32,0)	155 (16,0)	15,0
	Без термической обработки	АМг6Б, АМг6	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5	315 (32,0)	155 (16,0)	15,0
АМг6У	Отожженные	АМг6УМ	Отожженные	От 2,0 до 5,5	275 (28,0)	130 (13,0)	15,0
АВ	Отожженные	АВМ	Отожженные	От 0,5 до 5,0	Не более 145 (15,0)	–	20,0
				Св. 5,0 « 10,5	Не более 145 (15,0)	–	15,0
	Закаленные и естественно состаренные	АВТ	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 0,6	195 (20,0)	–	18,0
				Св. 0,6 « 3,0	195 (20,0)	–	20,0
				« 3,0 « 5,0	195 (20,0)	–	18,0
				« 5,0 « 10,5	175 (18,0)	–	16,0
	Закаленные и искусственно состаренные	АВТ1	Закаленные и искусственно состаренные	От 0,5 до 5,0	295 (30,0)	–	10,0
				Св. 5,0 « 10,5	295 (30,0)	–	8,0
	Без термической обработки	АВ	Закаленные и естественно состаренные	От 5,0 до 10,5	175 (18,0)	–	14,0
			Закаленные и искусственно состаренные	От 5,0 до 10,5	295 (30,0)	–	7,0

Продолжение табл. 6.6

Марка алюминия и алюминиевого сплава и плакировка	Состояние материала листов	Обозначение сплава и состояние материала	Состояние испытываемых образцов	Толщина листа, мм	Механические свойства при растяжении		
					Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ, %
					Не менее		
Д1А	Отожженные	Д1АМ	Отожженные	От 0,5 до 1,9	145–225 (15,0–23,0)	–	12,0
				Св. 1,9 « 10,5	145–235 (15,0–24,0)	–	12,0
	Закаленные и естественно состаренные	Д1АТ	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,9	365 (37,0)	185 (19,0)	15,0
				Св. 1,9 « 10,5	375 (38,0)	195 (20,0)	15,0
	Без термической обработки	Д1А	Закаленные и естественно состаренные	От 5,0 до 10,5	355 (36,0)	185 (19,0)	12,0
Д16Б, Д16	Отожженные	Д16БМ, Д16М	Отожженные	От 5,0 до 10,5	145–235 (15,0–24,0)	–	10,0
	Закаленные и естественно состаренные	Д16БТ, Д16Т	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,5	440 (45,0)	290 (29,5)	13,0
				Св. 1,5 « 6,0	440 (45,0)	290 (29,5)	11,0
				« 6,0 « 10,5	440 (45,0)	290 (29,5)	10,0
	Нагартованные после закалки и естественного*	Д16БТН, Д16ТН	Нагартованные после закалки и естественного старения	От 1,5 до 3,0	475 (48,5)	360 (36,5)	10,0
				Св. 3,0 « 7,5	475 (48,5)	360 (36,5)	8,0
Д16А	Отожженные	Д16АМ	Отожженные	От 0,5 до 1,9	145–225 (15,0–23,0)	–	10,0
				Св. 1,9 « 10,5	145–235 (15,0–24,0)	–	10,0
	Закаленные и естественно состаренные	Д16АТ	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,9	405 (41,5)	270 (27,5)	13,0
				Св. 1,9 « 6,0	425 (43,5)	275 (28,0)	11,0
				Св. 6,0 « 10,5	425 (43,5)	275 (28,0)	10,0
	Без термической обработки	Д16А	Закаленные и естественно состаренные	От 5,0 до 10,5	415 (42,0)	255 (26,0)	10,0
	Нагартованные после закалки и естественного старения	Д16АТН	Нагартованные после закалки и естественного старения	От 1,5 до 1,9	425 (43,5)	335 (34,0)	10,0
				Св. 1,9 « 7,5	455 (46,5)	345 (35,0)	8,0
Д16У	Отожженные	Д16УМ	Отожженные	От 0,5 до 1,9	130–225 (13,0–23,0)	–	10,0
				Св. 1,9 « 4,0	130–235 (13,0–24,0)	–	10,0
	Закаленные и естественно состаренные	Д16УТ	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,9	365 (37,0)	230 (23,5)	13,0
				Св. 1,9 « 4,0	405 (41,5)	270 (27,5)	13,0
В95А	Отожженные	В95АМ	Отожженные	От 0,5 до 10,5	Не более 245 (25,0)	–	10,0
	Закаленные и искусственно состаренные	В95АТ1	Закаленные и искусственно состаренные	От 0,5 до 1,9	480 (49,0)	400 (41,0)	7,0
				Св. 1,9 « 6,0	490 (50,0)	410 (42,0)	7,0
				« 6,0 « 10,5	490 (50,0)	410 (42,0)	6,0
	Без термической обработки	В95А	Закаленные и искусственно состаренные	От 5,0 до 10,5	490 (50,0)	410 (42,0)	6,0

Марка алюминия и алюминиевого сплава и плакировка	Состояние материала листов	Обозначение сплава и состояние материала	Состояние испытываемых образцов	Толщина листа, мм	Механические свойства при растяжении		
					Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ, %
					Не менее		
В95–2А, В95–2Б, В95–1А, В95–1, АКМБ, АКМА, АКМ	Отожженные	В95–2АМ, В95–2БМ, В95–1АМ, АКМБМ, АКМАМ, АКММ	Отожженные	От 1,0 до 10,5	Не более 245 (25,0)	–	10,0
	Нагартованные	АКМАН	Нагартованные	От 0,8 до 4,0	Не испытываются		
	Закаленные и естественно состаренные	В95–2АТ, В95–1АТ, АКМАТ	Закаленные и естественно состаренные	От 1,0 до 10,5	315 (32,0)	–	10,0
	Без термической обработки	В95–2А	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5	315 (32,0)	–	10,0
		В95–1А, В95–1, АКМА			Не испытываются		
1915	Отожженные	1915М	Отожженные	От 1,0 до 4,5	Не более 245 (25,0)	–	10
	Закаленные и естественно состаренные	1915Т	Закаленные и естественно состаренные в течение 30–35 суток	От 1,0 до 10,5	315 (32,0)	195 (20,0)	10
	Закаленные и естественно состаренные	1915Т	Закаленные и естественно состаренные в течение 2–4 суток	От 1,0 до 10,5	275 (28,0)	165 (17,0)	10
	Без термической обработки	1915	Закаленные и естественно состаренные в течение 30–35 суток	От 5,0 до 10,5	315 (32,0)	195 (20,0)	10
	Без термической обработки	1915	Закаленные и естественно состаренные в течение 2–4 суток	От 5,0 до 10,5	265 (27,0)	165 (17,0)	10
ВД1А, ВД1Б, ВД1	Отожженные	ВД1АМ, ВД1М, ВД1БМ	Отожженные	От 0,8 до 10,5	Не более 245 (25,0)	–	10,0
	Закаленные и естественно состаренные	ВД1АТ, ВД1Т, ВД1БТ	Закаленные и естественно состаренные	От 0,8 до 10,5	335 (34,0)	–	12,0
	Нагартованные	ВД1Н, ВД1АН, ВД1БН	Нагартованные	От 0,8 до 4,0	Не испытываются		
	Без термической обработки	ВД1, ВД1А, ВД1Б	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5	335 (34,0)	–	12,0

Примечания. 1. По требованию потребителя отожженные листы из алюминия изготовляют с временным сопротивлением не более 110 МПа (11 кгс/мм^2).

2. Листы из сплава марки АМц толщиной от 1,0 до 4,0 мм в полунагартованном состоянии по требованию потребителя изготавливают с временным сопротивлением от 147 МПа (15,0 кгс/мм^2) до 196 МПа (20,0 кгс/мм^2).

Механические свойства отожженных листов, подвергнутых закалке и старению, а также закаленных и состаренных листов, прошедших перезакалку и старение у потребителя, должны удовлетворять требованиям, указанным в табл.6.7.

Таблица 6.7

Механические свойства отожженных листов, подвергнутых закалке и старению, а также закаленных и состаренных листов

Марка сплава	Состояние испытываемых образцов	Толщина листа, мм	Механические свойства при растяжении		
			Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ,%
			Не менее		
Д1А	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,9	355 (36,0)	185 (19,0)	15,0
		Св. 1,9 » 10,5	355 (36,0)	195 (20,0)	15,0
Д16Б	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,5	425 (43,5)	275 (28,0)	13,0
		Св. 1,5 » 6,0	425 (43,5)	275 (28,0)	11,0
		Св. 6,0 » 10,5	425 (43,5)	275 (28,0)	10,0
Д16А	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,9	390 (40,0)	255 (26,0)	15,0
		Св. 1,9 » 10,5	410 (42,0)	265 (27,0)	12,0
Д16У	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 1,9	350 (35,5)	220 (22,5)	13,0
		Св. 1,9 » 4,0	390 (40,0)	255 (26,0)	13,0
В95А	Закаленные и искусственно состаренные	От 0,5 до 1,0	470 (48,0)	390 (40,0)	7,0
		Св. 1,0 » 6,0	480 (49,0)	400 (41,0)	7,0
		» 6,0 » 10,5	480 (49,0)	400 (41,0)	6,0
АВ	Закаленные и естественно состаренные	От 0,5 до 0,6	175 (18,0)	–	18,0
		Св. 0,6 » 3,0	175 (18,0)	–	20,0
		» 3,0 » 5,0	175 (18,0)	–	18,0
		» 5,0 » 10,5	155 (16,0)	–	16,0
	Закаленные и искусственно состаренные	От 0,5 до 5,0	275 (28,0)	–	10,0
		Св. 5,0 » 10,5	275 (28,0)	–	8,0

6.k.k. Прутки, прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов

Прутки подразделяют:

а) по форме сечения: круглые — КР, квадратные — КВ;

б) по точности изготовления: нормальной точности — Н, повышенной точности — П;

в) по состоянию материала:

без термической обработки (горячепрессованные) — обозначаются маркой сплава без дополнительных знаков (АДО, АД1, АМц, АМцС, АД31, АД33, АМг3, АМг5, АМг6, Д1, Д16, В95, АК4, АК6, АК8); отожженные — М (АМг3М, АМг5М, АМг6М);

закаленные и естественно состаренные — Т (АД31Т, АД33Т, Д1Т, Д16Т);

закаленные и искусственно состаренные — Т 1 (АД31Т 1, АД33Т 1, В95Т 1, АК4Т 1, АК6Т 1, АК8Т 1);

г) по виду прочности: нормальной прочности — обозначаются маркой сплава без дополнительных знаков (Д1, Д1Т, Д16, Д16Т, В95, В95Т 1, АК6, АК6Т 1, АК8, АК8Т 1); повышенной прочности — ПП (АВТ 1ПП, Д1ПП, Д1ТПП, Д16ПП, Д16ТПП, В95ПП, В95Т 1 ПП, АК6ПП, АК6Т 1 ПП, АК8ПП, АК8Т 1ПП).

ГОСТ предусматривает также марки АВ, 1915, 1925, АМг2, АК4–1.

Приме чания.

1. Прутки в закаленном и естественно или искусственно состаренном состоянии изготовляют диаметром не более 100 мм. Изготовление прутков диаметром более 100 мм в закаленном, естественном или искусственно состаренном состоянии производят по соглашению изготовителя с потребителем.

2. Прутки повышенной прочности изготовляют диаметром не более:

300 мм — круглые, 150 мм — квадратные.

Таблица 6.8

Рекомендуемые размеры круглых прутков, мм

Диаметр*	Отклонения, мм, точности изготовления		Диаметр*	Отклонения, мм, точности изготовления	
	Н	П		Н	П
5—6	—0,48	—0,30	52—80	—1,20	—0,74
7—10	—0,58	—0,36	85—120	—1,40	—1,00
11—18	—0,70	—0,43	125—185	—1,60	—
19—30	—0,84	—0,52	190—250	—2,00	—
32—50	—1,00	—0,62	260—300	—2,50	—
* Размеры диаметров в указанных пределах брать из ряда: 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45; 46; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190; 200; 210; 220, 230; 240; 250; 260; 270; 280; 290; 300 мм.					

Таблица 6.9

Рекомендуемые размеры квадратных прутков, мм

Диаметр вписанной окружности *	Отклонения, мм, точности изготовления		Диаметр вписанной окружности*	Отклонения, мм, точности изготовления	
	Н	П		Н	П
7—10	—0,58	—0,36	75—80	—1,20	—1,00
11—18	—0,70	—0,43	85—90	—1,40	—1,00
19—30	—0,84	—0,52	100—120	—1,40	—
32—50	—1,00	—0,62	130—150	—1,60	—
52—70	—1,20	—0,74			
* Размеры диаметров вписанной окружности брать из ряда: 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 26; 27, 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150 мм.					

Таблица 6.10

Рекомендуемые размеры закруглений квадратных прутков, мм

Диаметр вписанной окружности	Радиус закругления, не более	Диаметр вписанной окружности	Радиус закругления, не более
До 10,0	1,0	Св. 50,0 до 100,0	3,0
Св. 10,0 до 25,0	2,0	» 100,0 » 150,0	3,5
» 25,0 » 50,0	2,5		

Таблица 6.11

Механические свойства прутков нормальной прочности при растяжении

Марки алюминия и алюминиевого сплава	Состояние материала	Состояние испытуемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение при δ, %
				не менее		
АДО, АД1	Без термической обработки	Без термической обработки	5—3ОО	59	—	25
АД	Без термической обработки	Без термической обработки	5—3ОО	59	—	25
АМц, АМцС	Без термической обработки	Без термической обработки	5—35О	1О	—	2О
АД31	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	5—3ОО	137	69	13
		Закаленные и искусственно состаренные	5—3ОО	196	47	8
	Закаленные и естественно состаренные	Закаленные и естественно состаренные	5—1ОО	137	69	13
	Закаленные и искусственно состаренные	Закаленные и искусственно состаренные	5—1ОО	196	147	8
АД33	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	5—3ОО	176	1О8	15
		Закаленные и искусственно состаренные	5—3ОО	265	226	1О
	Закаленные и естественно состаренные	Закаленные и естественно состаренные	5—1ОО	176	1О8	15
	Закаленные и искусственно состаренные	Закаленные и искусственно состаренные	5—1ОО	265	226	1О
Амг3	Без термической обработки	Без термической обработки	5—3ОО	176	78	13
	Отожженные	Отожженные	5—3ОО	176	78	13
АМг5	Без термической обработки	Без термической обработки	5—3ОО	265	118	15
	Отожженные	Отожженные	Св. 3ОО до 4ОО	245	1О8	1О
			5—3ОО	265	118	15
Амг6	Без термической обработки	Без термической обработки	5—3ОО	314	157	15
	Отожженные	Отожженные	Св. 3ОО до 4ОО	284	118	11
			5—3ОО	314	157	15
АВ	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	5—3ОО	176	—	14
		Закаленные и искусственно состаренные	5—3ОО	294	—	12
	Закаленные и естественно состаренные	Закаленные и естественно состаренные	5—1ОО	176	—	14
Д1	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	5—13О	373	216	12
			Св. 13О до 3ОО	353	196	1О
	Закаленные и естественно состаренные	Закаленные и естественно состаренные	5—1ОО	373	216	12

Продолжение таблл. 6.11

Марки алюминия и алюминиевого сплава	Состояние материала	Состояние испытуемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение при δ,%
				не менее		
Д16	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	5—22 Св. 22 до 130 » 130 » 300 » 300 » 400	392 422 412 392	275 294 275 245	10 10 8 6
Д16	Закаленные и естественно состаренные	Закаленные и естественно состаренные	5—22 Св. 22 до 100	392 422	275 294	10 10
В95	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—22 Св. 22 до 130 » 130 » 300 » 300 » 400	490 530 510 490	392 422 422 392	6 6 5 4
	Закаленные и искусственно состаренные	Закаленные и искусственно состаренные	5—22 Св. 22 до 100	490 530	392 422	6 6
АК4	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—300	353	—	—
	Закаленные и искусственно состаренные	То же	5—100	353	—	8
АК4-1	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—100 Св. 100 до 300	392 363	314 275	6 6
	Закаленные и искусственно состаренные	То же	5—100	392	314	6
А К6	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—300	353	—	12
	Закаленные и искусственно состаренные	То же	5—100	353	—	12
АК8	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—150 Св. 150 до 300	451 432	—	10 8
	Закаленные и искусственно состаренные	То же	5—100	451	—	10
1915	Без термической обработки	Горячепрессованные с естественным старением в течение 30—35 сут.	5—15	343	196	10
		Закаленные и естественно состаренные в течение 30—35 сут.	5—300	343	216	10
1915	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—130 Св. 130 до 200	343 353	245 245	8 8
	Закаленные и естественно состаренные	Закаленные и естественно состаренные в течение 30—35 сут.	5—100	343	216	10
		Закаленные и искусственно состаренные	5—100	382	245	8

Таблица 6.12

Механические свойства прутков повышенной прочности при растяжении

Марка алюминиевого сплава	Состояние материала	Состояние испытуемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение при δ, %
				не менее		
АВ	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—300	314	226	8
	Закаленные и искусственно состаренные		5—100	314	226	8
Д1	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	5—100	422	275	8
	Закаленные и естественно состаренные		5—100	422	275	8
Д16	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	5—300	451	324	8
	Закаленные и естественно состаренные		5—100	451	324	8
В95	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—22 Св. 22 до 130 » 130 » 300	510 549 530	402 432 432	7 6 5
	Закаленные и искусственно состаренные		5—22 Св. 22 до 100	510 549	402 432	7 6
АК6	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—300	373	265	10
	Закаленные и искусственно состаренные		5—100	373	265	10
АК8	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	5—300	461	333	8
	Закаленные и искусственно состаренные		5—100	461	333	8

Химический состав прутков — по ГОСТ 4784.

По длине прутки изготовляют:

а) немерной длины: от 1 до 6 м — при диаметре от 5 до 10 мм; от 1 до 5м — при диаметре св. 10 до 50 мм;
от 0,5 до 4 м — при диаметре св. 50 мм;

б) мерной и кратной мерной длины в пределах немерной.

Плотность алюминиевого сплава марки В95 принимают равной 2,85 г/см^3.

При отсутствии в наряде-заказе указания о точности и виде прочности изготовления прутки изготовляют нормальной точности и прочности.

Условное обозначение прутков при заказе проставляется по схеме:

при следующих сокращениях:

Состояние материала:

без термической обработки — без обозначения;

мягкое (отожженное) — М;

закаленное и естественно состаренное — Т;

закаленное и искусственно состаренное — ТI.

Вид прочности:

нормальной прочности — без обозначения;

повышенной прочности — ПП.

Форма сечения:

круглый — КР;

квадратный — КВ;

шестигранный — ШГ.

Точность изготовления:

нормальная — без обозначения;

повышенная — П;

высокая — В.

Длина:

немерная — без обозначения;

мерная — указывают заданный размер.

Характеристика длины:

мерная, кратной длины — КД (с указанием кратности);

немерная, длиной не короче заданной — НК (с указанием заданного размера);

немерная, длиной не более заданной — НБ (с указанием заданного размера);

не мерная в бухтах — БТ (без указания длины).

Примеры условных обозначений:

Пруток из сплава марки Д16, в закаленном естественно состаренном состоянии, нормальной прочности, круглого сечения, диаметром 5О мм, нормальной точности изготовления, длиной 3ООО мм:

Мруток Д16.Т КР50×3000 ГОСТ 21488-97.

То же, повышенной прочности, квадратного сечения, повышенной точности изготовления, немерной длины:

Мруток Д16.Т.ММ КВ50М ГОСТ 21488-97.

То же, шестигранного сечения, повышенной точности изготовления, длиной, кратной 2ООО мм:

Мруток Д16.Т.ММ ШГ50М×2000КД ГОСТ 21488-97.

Пруток из сплава марки Д16, без термической обработки, нормальной прочности, круглого сечения, диаметром 5О мм, нормальной точности изготовления, длиной не короче 15ОО мм:

Мруток Д16 КР50М×1500НК ГОСТ 21488-97.

То же, повышенной точности изготовления, длиной не более 25ОО мм:

Мруток Д16 КР50М×2500НБ ГОСТ 21488-97.

Пруток из алюминия марки АДО, без термической обработки, круглого сечения, диаметром 12 мм, нормальной точности изготовления, в бухте:

Мруток АД0 12БТ ГОСТ 21488-97.

6.k.3. Ленты из алюминия и алюминиевых смлавов

Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов подразделяются в соответствии с ГОСТ 13726 следующим образом:

Мо способу изготовления:

1) неплакированные — без дополнительного обозначения;
2) плакированные:
   а) с технологической плакировкой — Б;
   б) с нормальной плакировкой — А.

Мо состоянию материала:

а) без термической обработки — без дополнительного обозначения;
б) отожженные — М;
в) четвертьнагартованные — Н1;
г) полунагартованные — Н2;
д) тричетвертинагартованные — Н3;
е) нагартованные — Н.

Мо точности изготовления по толщине:

1) с несимметричными отклонениями по толщине:
   а) нормальной точности — без дополнительного обозначения;
   б) повышенной точности — П.
2) с симметричными отклонениями по толщине — С.

Ленты изготовляют в соответствии с требованиями настоящего стандарта из алюминия марок: А7, А6, А5, АО с химическим составом по ГОСТ 11О69; АДО, АД1, АДОО, АД с химическим составом по ГОСТ 4784; из алюминиевых сплавов марок: ММ, Д12, АМц, АМцС, АМг2, Амг3, АМг5, Амг6, АВ, Д1, Д16, В95, 1915 с химическим составом по ГОСТ 4784; В95-1 с химическим составом по ГОСТ 1131.

Ленты в зависимости от марки сплава, плакировки и состояния материала изготовляют размеров, указанных в таблице 6.13.

Толщина и ширина лент, изготовляемых прокаткой требуемой ширины, а также предельные отклонения по толщине, в зависимости от толщины и ширины лент, должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 2 ГОСТ 13726.

Таблица 6.13

Размеры лент из алюминия и алюминиевых сплавов

Состояние материала	Марка алюминия или алюминиевого сплава и плакировка	Толщина лент	Ширина лент
Без термической обработки	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД, АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АМг6Б, АВ, Д1, Д1А, Д16, Д16А, В95-1, В95-1А	От 5,О до 1О,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	1915		12ОО, 15ОО, 2ООО
	В95А		1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 2ООО
Отожженное	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД, АМц, АМцС, АМг2, АМг3	От О,25 до 2,О	От 4О до 5ОО, 6ОО, 7ОО, 8ОО, 9ОО, 1ООО
		Св. 2,О до 3,О	7ОО, 8ОО, 9ОО, 1ООО
	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД, АМц, АМцС, АМг2, АВ	От О,3 до О,4	1ООО
		Св. О,4 до О,7	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО
		Св. О,7 до 1О,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	Д1, Д16, Д1А, Д16Б, Д16А	От О,5 до О,7	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО
		Св. О,7 до 1О,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	АМг3, АМг5, АМг6Б, АМг6	От О,5 до О,7	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО
		Св. О,7 до 1О,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	В95-1, В95-1А	От О,8 до 2,О	1ООО, 12ОО
		Св. 2,О до 1О,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	1915	О,8	12ОО
		От 1,О до 4,5	12ОО, 15ОО
	Д12	От О,5 до 4,О	12ОО, 15ОО
	В95А	От О,5 до О,7	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО
		Св. О,7 до 1О,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 2ООО
Четверть-нагартованное	АМг2	От О,3 до О,4	1ООО
		Св. О,4 до 4,О	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО
Полу-нагартованное	АМц, АМцС, АМг2	От О,3 до О,4	1ООО
		Св. О,4 до О,7	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО
	АМц, АМцС, АМг2, АМг3	Св. О,7 до 4,О	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	Д12	От О,5 до 4,О	12ОО, 15ОО
	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АД, АДОО	От О,8 до 4,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО
Тричетверти-нагартованное	АМц, АМг2	От О,3 до О,4	1ООО
		Св. О,4 до 4,О	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО
Нагартованное	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД, АМц, АМцС, ММ	От О,25 до 2,О	От 4О до 5ОО, 6ОО, 7ОО, 8ОО, 9ОО, 1ООО
	А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД, АМц, АМцС, АМг2	От О,3 до О,4	1ООО
		Св. О,4 до О,7	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО
		Св. О,7 до 4,О	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	АМг6Б, АМг6	От 1,О до 1,5	1ООО, 12ОО
	АМг6Б, АМг6	Св. 1,5 до 4,О	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО, 16ОО, 18ОО, 2ООО
	ММ	От 2,О до 4,5	1ООО, 12ОО, 14ОО, 15ОО

Условные обозначения лент при заказе проставляют по схеме:

Примеры условных обозначений:

Лента из алюминиевого сплава марки Д16, с нормальной плакировкой, в отожженном состоянии, толщиной 2,О мм, шириной 12ОО мм, нормальной точности изготовления, в рулоне (РЛ):

Лента Д16.А.М 2×1200×РЛ ГОСТ 13726-97.

То же, повышенной точности изготовления:

Лента Д16.А.М 2М×1200×РЛ ГОСТ 13726-97.

Лента из алюминия марки АДО, без плакировки, в отожженном состоянии, толщиной О,8 мм, шириной 3ОО мм, нормальной точности изготовления, в рулоне (РЛ):

Лента АД0.М 0,8×300×РЛ ГОСТ 13726-97.

То же, в нагартованном состоянии:

Лента АД0.Н 0,8×300×РЛ ГОСТ 13726-97.

Механические свойства лент при растяжении должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 6.14

Таблица 6.14

Механические свойства лент при растяжении

Марка алюминия и алюминиевого сплава	Состояние материала лент	Состояние испытываемых образцов	Толщина лент, мм	Механические свойства при растяжении		
				Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ,%
А7, А6, А5, АО, АДО, АД1, АДОО, АД	Без термической обработки	Без термической обработки	От 5,О до 1О,5 включ.	7О (7,О)	–	15,О
	Отожженный	Отожженные	От О,25 до О,5 включ. Св. О,5 » О,9 » « О,9 » 1О,5 »	6О (6,О)	– – –	2О,О 25,О 3О,О
	Полунагартованный	Полунагартованные	От О,8 до 4,5 включ.	1ОО (1О,О)	–	6,О
	Нагартованный	Нагартованные	От О,25 до О,8 включ. Св. О,8 » 3,5 » « 3,5 » 4,О «	145 (15,О) 145 (15,О) 13О (13,О)	– – –	3,О 4,О 5,О
АМц,	Без термической обработки	Без термической обработки	От 5,О до 1О,5 включ.	1ОО (1О,О)	–	1О,О
			От О,25 до О,7 включ.		–	18,О

АМцС	Отожженный	Отожженные	Св.	0,7	»	3,0	»	90 (9,0)	–	22,0
			«	3,0	»	10,5	»		–	20,0

Продолжение табл. 6.14

Марка алюминия и алюминиевого сплава	Состояние материала лент	Состояние испытываемых образцов	Толщина лент, мм	Механические свойства при растяжении		
				Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ,%
АМц, АМцС	Полунагартованный	Полунагартованные	От 0,3 до 3,5 включ. Св. 3,5 » 4,0 «	145 (15,0)	– –	5,0 6,0
	Тричетверти–нагартованный	Тричетверти нагартованные	От 0,3 до 4,0 включ.	165–235 (17,0–24,0)	–	4,0
	Нагартованный	Нагартованные	От 0,25 до 0,5 включ. Св. 0,5 » 0,8 » « 0,8 » 1,2 » « 1,2 » 4,0 »	185 (19,0)	– – – –	1,0 2,0 3,0 4,0
ММ	Нагартованный	Нагартованные	От 0,25 до 4,5 включ.	Не испытываются		
АМг2	Без термической обработки	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5 включ.	175 (18,0)	–	7,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,25 до 1,0 включ. Св. 1,0 » 10,5 »	165 (17,0)	–	16,0 18,0
	Четверть нагартованный	Четверть нагартованные	От 0,3 до 4,0 включ.	215–295 (22,0–30,0)	155 (16,0)	5,0
	Полунагартованный	Полунагартованные	От 0,3 до 1,0 включ. Св. 1,0 » 4,0 »	235–315 (24,0–36,0)	175 (18,0) 175 (18,0)	5,0 6,0
	Тричетверти нагартованный	Тричетверти нагартованные	От 0,3 до 4,0 включ.	255–355 (26,0–36,0)	195 (20,0)	3,0
	Нагартованный	Нагартованные	От 0,3 до 1,0 включ. Св. 1,0 » 4,0 »	265 (27,0)	215 (22,0)	3,0 4,0
АМг3	Без термической обработки	Без термической обработки	От 5,0 до 6,0 включ. Св. 6,0 » 10,5 »	185 (19,0)	80 (8,0)	12,0 15,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,25 до 0,6 включ. Св. 0,5 » 4,5 » « 4,5 » 10,5 »	195 (20,0) 195 (20,0) 185 (19,0)	90 (9,0) 100 (10,0) 80 (8,0)	15,0
	Полунагартованный	Полунагартованные	От 0,7 до 4,0 включ.	245 (25,0)	195 (20,0)	7,0
АМг5	Без термической обработки	Без термической обработки	От 5,0 до 6,0 включ. Св. 6,0 » 10,5 »	275(28,0)	130 (13,0)	12,0 15,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,5 до 0,6 включ. Св. 0,6 » 4,5 » « 4,5 » 10,5 »	275 (28,0)	135 (14,0) 145 (15,0) 130 (13,0)	15,0
АМг6Б, АМг6	Без термической обработки	Без термической обработки	От 5,0 до 10,5 включ.	315 (32,0)	155 (16,0)	15,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,5 до 0,6 включ. Св. 0,6 » 10,5 »	305 (31,0) 315 (32,0)	145 (15,0) 155 (16,0)	15,0
	Нагартованный	Нагартованные	От 1,0 до 4,0 включ.	375 (38,0)	275 (28,0)	6,0

Продолжение табл. 6.14

Марка алюминия и алюминиевого сплава	Состояние материала лент	Состояние испытываемых образцов	Толщина лент, мм	Механические свойства при растяжении		
				Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение при $l = 11,3\sqrt{F}$, δ,%
АВ	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	От 5,0 до 10,5 включ.	175 (18,0)	–	14,0
		Закаленные и искусственно состаренные		295 (30,0)	–	7,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,3 до 5,0 включ.	Не более 145 (15,0)	–	20,0
			Св. 5,0 » 10,0 »		–	15,0
Д1А, Д1	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	От 5,0 до 10,5 включ.	355 (36,0)	185 (19,0)	12,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,5 до 1,9 включ.	Не более 225 (23,0)	–	12,0
			Св. 1,9 » 10,5 »	Не более 235 (24,0)	–	
Д16Б, Д16	Отожженный	Отожженные	От 0,5 до 10,5 включ.	Не более 235 (24,0)	–	10,0
Д16А	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	От 5,0 до 10,5 включ.	410 (42,0)	255 (26,0)	10,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,5 до 1,9 включ.	Не более 225 (23,0)	–	10,0
			Св. 1,9 » 10,5 »	Не более 235 (24,0)	–	
Д12	Отожженный	Отожженные	От 0,5 до 4,0 включ.	155 (16,0)	–	14,0
	Полунагартованный	Полунагартованные	От 0,5 до 4,0 включ.	220 (22,5)	–	3,0
В95А	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	От 5,0 до 10,5 включ.	490 (50,0)	410 (42,0)	6,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,5 до 10,5 включ.	Не более 245 (25,0)	–	10,0
1915	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные в течение 30–35 сут	От 5,0 до 10,5 включ.	315 (32,0)	195 (20,0)	10,0
	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные в течение 2–4 сут	От 5,0 до 10,5 включ.	265 (27,0)	165 (17,0)	10,0
	Отожженный	Отожженные	От 0,8 до 4,0 включ.	Не более 245 (25,0)	–	10,0
В95–1А, В95–1	Без термической обработки	Не испытываются				
	Отожженный	Отожженные	От 0,8 до 10,5 включ.	Не более 245 (25,0)	–	10,0

Примечание. Механические свойства лент без обрезки кромок и утолщенных концов обеспечиваются технологией изготовления.

Таблица 6.15

Теоретическая масса 1м² ленты

Толщина ленты, мм	Масса 1 м² ленты, кг	Толщина ленты, мм	Масса 1 м² ленты, кг	Толщина ленты, мм	Масса 1 м² ленты, кг	Толщина ленты, мм	Масса 1 м² ленты, кг
0,5	1,425	1,3	3,705	2,5	7,125	6,5	18,125
0,6	1,710	1,4	3,990	3,0	8,550	7,0	19,950
0,7	1,995	1,5	4,275	3,5	9,975	7,5	21,375
0,8	2,280	1,6	4,560	4,0	11,400	8,0	22,800
0,9	2,565	1,7	4,845	4,5	12,825	8,5	24,225
1,0	2,850	1,8	5,130	5,0	14,250	9,0	25,650
1,1	3,135	1,9	5,415	5,5	15,675	9,5	27,075
1,2	3,420	2,0	5,700	6,0	17,100	10,0	28,500
						10,5	29,525

Примечания. 1. Масса 1 м² вычислена по номинальной толщине при плотности 2,85 г/см³, что соответствует плотности алюминиевого сплава марки В95-2.

2. Для вычисления приближенной массы других алюминиевых сплавов и алюминия следует пользоваться следующими переводными коэффициентами: для алюминия всех марок — 0,950; для сплава марок: АМц — 0,958; АМг2 — 0,940; АМг5 — 0,930; АМг6 — 0,926; Д1 — 0,982; Д16 — 0,976.

Уголки, прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов равнополочные. Размеры и справочные величины для осей

В химическом аппарато- и машиностроении широко используют уголки равнополочные, швеллеры равнотолщинные, двутавры, зет нормальный. В табл. 6.16-6.19 приведены характеристики наиболее востребованных типоразмеров данного сортамента. Однако следует иметь в виду, что за последнее десятилетие значительно расширен сортамент изделий из алюминия и алюминиевых сплавов. Типоразмеры данных изделий регламентированы следующими ГОСТами: ГОСТ 13616, ГОСТ 13617, ГОСТ 13618, ГОСТ13619, ГОСТ 1362О, ГОСТ13621, ГОСТ 13622, ГОСТ 13623, ГОСТ 13624, ГОСТ 13737, ГОСТ 13738, ГОСТ 17575, ГОСТ 17576.

Табл. 6.16

Уголки, прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов равнополочные. Размеры и справочные величины для осей

Обозна чения:

J—момент инерции, *i*—радиус инерции,
X_O, Y_O — расстояние от центра тяжести

Номер уголка	*H*	*s*	*r*	r_1	Площадь сечения, см²	Масса 1м, кг	Справочные величины для осей					
							X—X; Y—Y		$X_1—X_1$; $Y_1—Y_1$		*U—U*	
	мм						$J_x = J_y$,см⁴	$i_x = i_y$,см	$J_{x1}=J_{y1}$,см⁴	$X_O=Y_O$,см	$J_{u\,min}$,см⁴	$i_{u\,min}$,см
41ОО21	15	3	3	1,5	О,819	О,233	О,154	О,434	О,34О	О,476	О,О67	О,286
41ОО25	18	1,5	2	О,75	О,524	О,149	О,16О	О,553	О,29О	О,498	О,О64	О,351
41ОО4О	2О	2	2	1	О,764	О,217	О,284	О,61О	О,53О	О,567	О,115	О,388
41ОО62	25	3,2	3,2	1,6	1,5О9	О,43О	О,851	О,751	1,66О	О,733	О,349	О,481
41ОО78	3О	2	2	1	1,164	О,331	1,О12	О,932	1,789	О,817	О,4О6	О,591
41ОО81	3О	3	3	1,5	1,72О	О,49О	1,439	О,915	2,684	О,851	О,584	О,583
41ОО96	35	3	3	1,5	2,ООО	О,575	2,338	1,О76	4,261	О,976	О,944	О,684
41О113	4О	2,5	2,5	1,25	1,944	О,554	3,О17	1,246	5,3О1	1,О84	1,211	О,789
41О119	4О	3,5	3,5	1,5	2,694	О,767	4,О75	1,23О	7,447	1,119	1,647	О,782
41О121	4О	4	4	2	3,О57	О,871	4,55О	1,22О	8,483	1,134	1,845	О,777
41О133	45	5	5	2,5	4,277	1,219	7,957	1,364	15,1О7	1,293	3,241	О,87О
41О144	5О	5	5	2,5	4,777	1,361	11,1О7	1,525	2О,71О	1,418	4,5О5	О,971
41О151	5О	6,5	6	3,25	6,11О	1,741	13,773	1,5О1	26,971	1,47О	5,657	О,962
41О16О	6О	5	5	2,5	5,777	1,646	19,7О4	1,847	35,773	1,668	7,95О	1,173
41О162	6О	6	5	3	6,855	1,953	23,О12	1,832	42,931	1,7О5	9,34О	1,167
41О175	7О	7	8	1	9,443	2,691	43,337	2,142	8О,754	1,991	17,6О9	1,366
41О193	8О	8	8	4,5	12,21	3,48О	72,483	2,436	135,16	2,266	29,379	1,551
41О2О1	9О	9	1О	4,5	15,518	4,422	116,67	2,742	217,47	2,549	47,294	1,746

Технические требования — по ГОСТ 8617—81.

П р и м е р о б о з н а ч е н и я уголка из сплава марки АД31 в закаленном и естественно состаренном состоянии (Т), размером 2Ох2х2 (или № 41ОО4О), длиной 3ООО мм:

Уголок АД31Т 20х2х2х3000 $\frac{\text{ГОСТ 8617-81}}{\text{ГОСТ 13737-90}}$ или *Уголок АД31Т 410040х3000* $\frac{\text{ГОСТ 8617-81}}{\text{ГОСТ 13737-90}}$,

Швеллер равнотолщинный из алюминия и алюминиевых сплавов

Швеллеры ижготовляют методом горячего прессования иж алюминия марок АД0, АД1 и алюминиевых сплавов марок АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, Д1, Д16, АВ, АД31, АД33, 1915, 1925, ВД1, АВД1.

Таблица 6.17

Размеры и расчетные величины

Обозначения:

x_0, y_0 — координаты центра тяжести, мм;
I_x, I_y — момент инерции см^4;
W_x, W_y — момент сопротивления, см^3;
i_x, i_y — радиус инерции;
r_1 =0,5 у профиля 44О291, 44О335;
r_2 =3 у профиля 44О332.

Номер профиля	H	B	s	r_1	r_2	Площадь сечения, см^2	Масса 1м, кг	Справочные величины для осей							
								x_0	y_0	I_x	I_y	W_x	W_y	i_x	i_y
	мм							мм		см^4		см^3		см	
44ОО79	15	25	1,5	2	О,75	О,795	О,226	12,5	4,6О	О,17О	О,77О	О,163	О,617	О,463	О,985
44О112	18	4О	2,О	2	1,О	1,453	О,414	2О,О	4,93	О,421	3,418	О,322	1,7О9	О,538	1,534
44О126	2О	25	2,5	2,5	1,25	1,52О	О,433	12,5	6,96	О,584	1,454	О,448	1,163	О,62О	О,978
44О128	2О	3О	2,О	2,О	О,75	1,335	О,38О	15,О	6,38	О,522	1,886	О,383	1,257	О,625	1,189
44О13О	2О	35	2,5	2,5	1,25	1,77О	О,5О4	17,5	6,15	О,656	3,248	О,474	1,856	О,6О9	1,355
44О177	25	25	3,О	2,О	—	2,О87	О,595	12,5	9,42	1,279	2,О12	О,821	1,6О9	О,783	О,982
44О18О	25	32	1,8	2,5	О,5	1,437	О,41О	16,О	8,17	О,915	2,446	О,544	1,529	О,798	1,3О5
44О184	25	4О	2,О	2,О	1,25	1,73О	О,493	2О,О	7,57	1,О62	4,421	О,6О9	2,21О	О,783	1,599
44О2О1	25	6О	4,О	4,О	2,О	4,131	1,177	3О,О	7,О4	2,145	2О,7О6	1,194	6,9О2	О,721	О,239
44О2О6	25	7О	3,О	3,О	1,5	3,449	О,983	35,О	6,24	1,785	23,677	О,951	6,765	О,719	2,62О
44О245	3О	45	3,О	4,О	—	3,О4О	О,866	22,5	9,6О	2,7ОО	9,95О	2,81О	4,42О	О,94О	1,79О
44О253	3О	55	3,О	3,О	1,5	3,299	О,94О	27,5	8,81	2,8О4	15,283	1,323	5,557	О,922	2,152
44О291	35	6О	4,О	4,О	2,О	4,95О	1,411	3О,О	15,7О	3,53О	27,11О	2,25О	9,О4О	О,84О	2,34О
44О327	4О	45	3,О	4,О	О,5	3,638	1,О37	22,5	13,74	5,961	12,319	2,27О	5,475	1,28О	1,84О
44О332	4О	7О	5,О	5,О	2,5	7,О8О	2,О18	35,О	12,3О	1О,493	51,978	3,788	14,851	1,217	2,7О9
44О335	4О	8О	4,О	4,О	2,О	6,131	1,747	4О,О	11,32	9,1О9	59,31О	3,176	14,827	1,219	3,11О
44О359	45	75	5,О	5,О	2,5	7,831	2,232	37,5	13,9О	15,О29	67,425	4,832	17,98О	1,385	2,934
44О383	5О	1ОО	5,О	5,О	2,5	9,61О	2,739	5О,О	14,1О	23,81О	1О3,7ОО	16,89О	2О,74О	1,57О	3,28О

Технические требования — по ГОСТ 8617—81.

Примеры обозначений.

Профиль из сплава марки АД31 в закаленном и естественно состаренном состоянии (Т), размером 6х2Ох2, длиной 3ООО мм, общего назначения:

Мрофиль АД31Т 6х*20х2*х*3000* $\dfrac{\text{ГОСТ 8617-81}}{\text{ГОСТ 13623-90}}$.

То же из сплава марки АМг6 в отожженном состоянии (М), специального назначения (С):

Мрофиль АМг6М 6х*20х2*х*3000* $\dfrac{\text{ГОСТ 8617-81}}{\text{ГОСТ 13623-90}}$.

Двутавр, прессованный из алюминия и алюминиевых сплавов

Таблица 6.18

Размеры и расчетные величины

Обозначения:

x_0, y_0 — координаты центра тяжести, мм;
I_x, I_y — момент инерции, см^4;
W_x, W_y — момент сопротивления, см^3;
i_x, i_y — радиус инерции, см.

Номер профиля	H	B	s	s_1	R	r	Площадь сечения, см^2	Масса 1м, кг	x_0	y_0	I_x	I_y	W_x	W_y	i_x	i_y
	мм								мм		см^4		см^3		см	
43OO22	3O	3O	1,5	2	2	1	1,616	O,46O	15	15	2,615	O,882	1,743	O,588	1,272	O,739
43OO25	35	3O	2	2,5	2,5	1,2	2,14O	O,61O	15	17,5	4,499	1,O99	2,571	O,732	1,45O	O,717
43OO11	4O	5O	2	3,5	3,5	1,7	4,239	1,2O8	25	2O	12,478	7,143	6,239	2,857	1,715	1,298
43OO53	5O	5O	2,5	4	4	2	5,153	1,469	25	25	23,148	8,129	9,259	3,251	2,12O	1,256
43OO58	57	93	7	8	3	1,5	17,8O8	5,O75	46,5	28,5	94,349	1O6,733	33,1O4	22,953	2,3O1	2,45O
43OO62	6O	7O	3	5	5	2,5	8,66O	2,468	35	3O	57,O68	27,952	19,O22	7,986	2,567	1,797
43OO63	68	38	2,5	2,5	2	—	3,5O9	1,OOO	19	34	25,929	2,279	7,626	1,2OO	2,718	O,8O6
43OO31	86	95	9	8	3	1,5	21,558	6,144	47,5	43	258,392	113,482	6O,O92	23,89O	3,462	2,294

ГОСТ предусматривает также и другие номера профилей. Технические требования — по ГОСТ 8617—81.

Примеры обозначений.

Профиль из сплава марки АД31 в закаленном и естественно состаренном состоянии (Т), размерами 3Ох3Ох1,5х2 мм (или № 43OO22), длиной 3ООО мм, общего назначения:

Профиль АД31Т 30х30х1,5х3000 $\dfrac{\text{ГОСТ } 8617-81}{\text{ГОСТ } 13621-9O}$;

Профиль АД31Т 430022х3000 $\dfrac{\text{ГОСТ } 8617-81}{\text{ГОСТ } 13621-9O}$.

Зет нормальный П500 из алюминия и алюминиевых сплавов

Зет ижготавливают иж алюминия марок АД0, АД1 и алюминиевых сплавов марок АМц, АМг2, Д1, Д16, В95, АВ, АД31, АД33, АМг3, АМг5, АМг6 по ГОСТ 4784.

Таблица 6.19

Размеры и справочные величины для осей

Обозна чения:

x_0, y_0 — координаты центра тяжести, мм;
I_x, I_y — момент инерции, см^4;
W_x, W_y — момент сопротивления, см^3;
i_x, i_y — радиус инерции.

Номер зета	H	B	s	s_1	r	r_1	r_2	r_3	Площадь сечения, см^2	Минимальный диаметр описанной окружности, мм	Теоретическая масса 1м, кг	Координаты центра тяжести, мм		Момент инерции, см^4		Момент сопротивления, см^3		Радиус инерции, см	
	мм											x_0	y_0	I_x	I_y	W_x	W_y	i_x	i_y
450001	6,6	12,0	3 0	7,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,753	18	0,215	8,50	3,30	0,028	0,127	0,085	0,149	0,192	0,410
450002	12,7	15,9	1,6	1,6	3,0	1,6	—	—	0,688	33	0,196	15,10	6,35	0,173	0,345	0,272	0,228	0,501	0,708
450003	14,0	20,0	1,5	1,5	2,0	—	—	—	0,782	41	0,223	19,25	7,00	0,257	0,714	0,367	0,371	0,573	0,955
450004	14,0	21,0	6,0	6,0	1,0	—	—	—	2,644	39	0,754	18,00	7,00	0,479	2,348	0,685	1,304	0,426	0,942
450005	15,0	13,0	1,2	1,2	2,0	—	—	—	0,480	29	0,137	12,40	7,50	0,175	0,153	0,233	0,123	0,603	0,564
450006	20,0	15,0	1,2	1,2	2,0	0,5	—	—	0,587	35	0,167	14,40	10,00	0,384	0,237	0,384	0,165	0,809	0,635
450007	20,0	15,0	1,5	1,5	2,0	0,5	—	—	0,721	35	0,206	14,25	10,00	0,458	0,288	0,458	0,202	0,797	0,632
450008	20,0	18,0	1,5	1,5	2,0	—	—	—	0,812	40	0,231	17,25	10,00	0,536	0,514	0,536	0,298	0,812	0,796
450009	20,5	18,5	2,0	2,0	1,7	0,7	—	—	1,080	41	0,308	17,50	10,25	0,717	0,710	0,699	0,406	0,815	0,811
450010	24,0	18,0	2,0	1,5	2,0	1,0	—	—	1,033	42	0,294	17,25	12,00	0,985	0,673	0,821	0,390	0,976	0,807
450012	25,0	18,0	1,5	1,5	2,0	0,7	—	—	0,885	43	0,252	17,25	12,50	0,896	0,508	0,717	0,295	1,006	0,758
450013	25,0	18,0	2,0	1,5	2,0	1,0	—	—	1,048	43	0,299	17,25	12,50	1,083	0,673	0,866	0,390	1,017	0,801
450014	25,0	18,0	2,5	2,0	2,5	1,2	—	—	1,321	42	0,376	17,00	12,50	1,295	0,804	1,036	0,473	0,990	0,780
450016	25,0	20,0	3,0	2,0	3,0	1,5	0,5	—	1,608	46	0,458	19,00	12,50	1,595	1,337	1,276	0,704	0,996	0,912
450017	25,0	23,0	3,5	3,5	2,5	—	0,5	—	2,266	49	0,646	21,25	12,50	2,065	2,244	1,652	1,056	0,955	0,995
450018	25,0	25,0	3,0	3,0	3,0	2,5	—	—	2,082	53	0,593	23,50	12,50	2,001	2,461	1,601	1,047	0,980	1,087
450020	30,0	20,0	2,5	2,0	2,5	1,2	—	—	1,521	49	0,433	19,00	15,00	2,184	1,124	1,456	0,592	1,199	0,860

45OO21	3O,O	25,O	2,5	2,O	2,5	1,2	—	—	1,771	57	O,5O5	24,OO	15,OO	2,658	2,272	1,772	O,947	1,225	1,133

Сортамент из меди и разных сплавов

Медь (ГОСТ 859) изготовляют в виде слитков и полуфабрикатов.

Марка	М1, М1р,	М2, М2р,	М3, М3р
Содержание меди и серебра, %,не менее.....	99,9О	99,7	99,5

Температура плавления меди 1О83 °С.

ГОСТ предусматривает и другие марки меди.

Фольга, листы, ленты и Илиты медные (ГОСТ 1173)

Сортманент фольги, листов, лент и плит изготавливают из меди марок М1, М1р, М1ф, М2, М2р, М3, М3р по ГОСТ 859.

Толщина фольги, лент, холоднокатаных листов и предельные отклонения по толщине в зависимости от ширины должны соответствовать указанным в табл. 6.2О

Таблица 6.2О

Толщина фольги, лент и листов

Номинальная толщина	Предельное отклонение по толщине при ширине, мм					
	от 1О до 3ОО включ.		св. 3ОО до 6ОО включ.		св. 6ОО до 8ОО включ.	св. 8ОО до 1ООО включ.
	норм. точн.	повыш. точн.	норм. точн.	повыш. точн.		
От О,О5 до О,1О	О –О,О1	–	–	–	–	–
От О,1О до О,14 включ.	О –О,О2	–	О –О,О4	–	–	–
Св. О,14 до О,22 включ.	О –О,О3	О –О,О2	О –О,О4	–	–	–
Св. О,22 до О,35 включ.	О –О,О4	О –О,О3	О –О,О5	–	–	–
Св. О,35 до О,5О включ.	О –О,О5	О –О,О4	О –О,О6	О –О,О5	О –О,О9	О –О,12
Св. О,5О до О,7О включ.	О –О,О6	О –О,О5	О –О,О8	О –О,О7	О –О,1О	О –О,15
Св. О,7О до О,9О включ.	О –О,О7	О –О,О6	О –О,О9	О –О,О8	О –О,12	О –О,17
Св. О,9О до 1,1О включ.	О –О,О8	О –О,О6	О –О,1О	О –О,О9	О –О,12	О –О,17
Св. 1,1О до 1,5О включ.	О –О,О9	О –О,О7	О –О,12	О –О,11	О –О,14	О –О,18
Св. 1,5О до 1,8О включ.	О –О,1О	О –О,О8	О –О,14	О –О,13	О –О,16	О –О,2О
Св. 1,8О до 2,ОО включ.	О –О,11	О –О,О9	О –О,15	О –О,14	О –О,18	О –О,22
Св. 2,ОО до 2,2О включ.	О –О,12	–	О –О,16	–	О –О,18	О –О,22
Св. 2,2О до 3,ОО включ.	О –О,14	–	О –О,18	–	О –О,2О	О –О,24
Св. 3,ОО до 3,5О включ.	О –О,14	–	О –О,2О	–	О –О,24	О –О,28
Св. 3,5О до 4,ОО включ.	О –О,18	–	О –О,22	–	О –О,24	О –О,3О
Св. 4,ОО до 4,5О включ.	О –О,18	–	О –О,24	–	О –О,27	О –О,32
Св. 4,5О до 6,5О включ.	О –О,22	–	О –О,26	–	О –О,3О	О –О,34
Св. 6,5О до 7,ОО включ.	–	–	О –О,28	–	О –О,34	О –О,36
Св. 7,ОО до 8,ОО включ.	–	–	О –О,3О	–	О –О,36	О –О,44
Св. 8,ОО до 9,ОО включ.	–	–	О –О,32	–	О –О,4О	О –О,5О
Св. 9,ОО до 1О,ОО включ.	–	–	О –О,34	–	О –О,4О	О –О,5О
Св. 1О,ОО до 11,ОО включ.	–	–	О –О,4О	–	О –О,5О	О –О,6О

Св. 11,00 до 12,00 включ.	–	–	0 –0,44	–	0 –0,50	0 –0,70

По согласованию потребителя с изготовителем ленты и холоднокатаные листы изготовляют с симметричными предельными отклонениями по толщине (ГОСТ 1173).

Ленты, разрезанные на длины, и холоднокатаные листы изготовляют длиной от 5ОО до 2ООО мм с предельными отклонениями по длине:

– толщиной до 3,ОО мм включ. — минус 1О,О мм;

– толщиной св. 3,ОО мм — минус 2О,О мм.

По согласованию потребителя с изготовителем ленты, разрезанные на длины, и холоднокатаные листы изготовляют с плюсовыми предельными отклонениями по длине:

– толщиной до 3,ОО мм включ. — плюс 1О,О мм;

– толщиной св. 3,ОО мм — плюс 15,О мм.

Толщина горячекатаных листов и предельные отклонения по толщине в зависимости от ширины должны соответствовать указанным в табл. 6.21

Таблица 6.21

Толщина горячекатаных листов

Номинальная толщина	Предельное отклонение по толщине при ширине, мм				
	от 1ОО до 12ОО включ.	св. 12ОО до 15ОО включ.	св. 15ОО до 18ОО включ.	св. 18ОО до 25ОО включ.	св. 25ОО до 3ООО включ.
От 3,ОО до 3,5О включ.	0 –О,4О	0 –О,6О	0 –О,6О	–	–
Св. 3,5О до 6,ОО включ.	0 –О,45	0 –О,7О	0 –О,7О	0 –О,9О	–
Св. 6,ОО до 7,ОО включ.	0 –О,5О	0 –О,7О	0 –О,7О	0 –О,9О	–
Св. 7,ОО до 8,ОО включ.	0 –О,5О	0 –О,8О	0 –О,8О	0 –1,ОО	0 –1,2О
Св. 8,ОО до 9,ОО включ.	0 –О,55	0 –О,8О	0 –О,8О	0 –1,ОО	0 –1,2О
Св. 9,ОО до 1О,ОО включ.	0 –О,55	0 –О,9О	0 –О,9О	0 –1,ОО	0 –1,2О
Св. 1О,ОО до 11,ОО включ.	0 –О,7О	0 –О,9О	0 –О,9О	0 –1,ОО	0 –1,2О
Св. 11,ОО до 12,ОО включ.	0 – О,8О	0 –1,ОО	0 –1,ОО	0 –1,1О	0 –1,2О
Св. 12,ОО до 13,ОО включ.	0 –О,9О	0 –1,ОО	0 –1,ОО	0 –1,2О	0 –1,4О
Св. 13,ОО до 14,ОО включ.	0 –О,9О	0 –1,1О	0 –1,1О	0 –1,3О	0 –1,5О
Св. 14,ОО до 15,ОО включ.	0 –1,ОО	0 –1,2О	0 –1,2О	0 –1,4О	0 –1,6О
Св. 15,ОО до 16,ОО включ.	0 –1,ОО	0 –1,3О	0 –1,3О	0 –1,5О	0 –1,6О
Св. 16,ОО до 17,ОО включ.	0 –1,2О	0 –1,4О	0 –1,4О	0 –1,5О	0 –1,6О
Св. 17,ОО до 19,ОО включ.	0 –1,2О	0 –1,4О	0 –1,5О	0 –1,6О	0 –1,8О
Св. 19,ОО до 22,ОО включ.	0 –1,4О	0 –1,6О	0 –1,6О	0 –1,8О	0 –2,ОО
Св. 22,ОО до 25,ОО включ.	0 –1,6О	0 –1,8О	0 –1,8О	0 –1,8О	–

Толщина плит и предельные отклонения по толщине в зависимости от ширины должны соответствовать указанным в табл. 6.22

Таблица 6.22

Толщина плит из меди

Номинальная толщина	Предельное отклонение по толщине при ширине, мм		
	от 150 до 1000 включ.	св. 1000 до 2000 включ.	св. 2000 до 2500 включ.
От 25,00 до 40,00 включ.	0 – 2,0	0 – 2,5	0 – 3,0
Св. 40,00 до 60,00 включ.	0 – 2,8	0 – 3,0	0 – 4,0
Св. 60,00 до 100,00 включ.	0 – 3,0	0 – 4,0	–
Св. 100,00 до 150,00 включ.	0 – 3,6	0 – 5,0	–

По согласованию потребителя с изготовителем плиты и горячекатаные листы изготовляют с симметричными предельными отклонениями по толщине (ГОСТ 1173).

Горячекатаные листы изготовляют шириной от 100 до 3000 мм. Предельные отклонения по ширине:

– при ширине от 100 до 600 мм включ. — минус 10 мм;

– при ширине св. 600 мм — минус 20 мм.

Горячекатаные листы изготовляют длиной от 1000 до 6000 мм. Предельные отклонения по длине — минус 30 мм.

По согласованию потребителя с изготовителем горячекатаные листы могут быть изготовлены длиной, отличающейся от приведенной.

Плиты изготовляют шириной от 150 до 2500 мм и длиной от 600 до 4000 мм.

Предельные отклонения по ширине и длине должны быть не более плюс 40,0 мм.

Условные обозначения фольги, лент, листов и плит проставляют по схеме:

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления:	холоднокатаные — Д, горячекатаные — Г;
форма сечения:	прямоугольная — ПР;
точность изготовления:	нормальная по толщине и ширине — Н, нормальная по толщине и повышенная по ширине — К, повышенная по толщине и нормальная по ширине — И, повышенная по толщине и ширине — П;
состояние:	мягкое — М, полутвердое — П, твердое - Т;
длина:	немерная — НД;
особые условия:	увеличенной длины — УД, для силовых конденсаторов и обмоток трансформаторов — КО, с нормированной глубиной выдавливания — ГВ, с предельными отклонениями: по толщине «±» и по ширине «+» — ЕН, по толщине «±» и по ширине «–» — ЕГ.

Вместо отсутствующих данных ставится «Х», кроме обозначения длины.

Примеры условных обозначений:

Лента холоднокатаная, прямоугольная, повышенной точности изготовления по толщине и ширине, полутвердая, толщиной О,7О мм, шириной 35 мм, немерной длины, из меди марки М1:

Лента ДМРММ 0,70х35 НД М1 ГОСТ 1173-2006.

Лента холоднокатаная, прямоугольная, нормальной точности изготовления по толщине и ширине, мягкая, толщиной О,25 мм, шириной 1ОО мм, немерной длины, из меди марки М1, с нормированной глубиной выдавливания:

Лента ДМРНМ 0,25х100 НД М1 ГВ ГОСТ 1173-2006.

Лента, разрезанная на длины, холоднокатаная, прямоугольная, повышенной точности изготовления по толщине и ширине, твердая, толщиной 1,2О мм, шириной 8О мм, длиной 2ООО мм, из меди марки М2:

Лента ДМРМТ 1,20х80х2000 М2 ГОСТ 1173-2006.

Лента холоднокатаная, прямоугольная, твердая, толщиной 2,О мм, шириной 5ОО мм, немерной длины, из меди марки М1, с предельными отклонениями по толщине «±» и по ширине «+»:

Лента ДМРХТ 2,0х500 НД М1 ЕН ГОСТ 1173-2006.

Лист холоднокатаный, прямоугольный, повышенной точности по толщине и нормальной точности по ширине, твердый, толщиной 1,ОО мм, шириной 2ОО мм, длиной 2ООО мм, из меди марки М2:

Лист ДМРИТ 1,00х200х2000 М2 ГОСТ 1173-2006.

Лист горячекатаный, прямоугольный, толщиной 7,О мм, шириной 15ОО мм, длиной 3ООО мм, из меди марки М2:

Лист ГМРХХ 7,0х1500х3000 М2 ГОСТ 1173-2006.

Сортамент медных Ирутков (ГОСТ 1535)

Диаметр тянутых прутков и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.23

Таблица 6.23

Номинальный диаметр тянутых прутков и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями прутка	Предельное отклонение по диаметру при точности изготовления				
	Круглые			Квадратные и шестигранные	
	высокой	повышенной	нормальной	повышенной	нормальной
До 3,О включ.	–О,О4	–О,О6	–О,1О	–О,О8	–О,12
Св. 3,О до 6,О включ.	–О,О5	–О,О8	–О,12	–О,О8	–О,12
Св. 6,О до 1О,О включ.	–О,О6	–О,О9	–О,15	–О,О9	–О,15
Св. 1О,О до 18,О включ.	–	–О,11	–О,18	–О,11	–О,18
Св. 18,О до 3О,О ключ.	–	–О,13	–О,21	–О,13	–О,21
Св. 3О,О до 5О,О включ.	–	–О,16	–О,25	–О,16	–О,25

Примечания.

1. Круглые тянутые прутки диаметром свыше 1О мм могут быть изготовлены высокой точности с допусками, установленными по согласованию между потребителем и изготовителем.

2. За диаметр квадратных и шестигранных прутков принимают диаметр вписанной окружности, т.е. расстояние между параллельными гранями прутка.

По согласованию потребителя с изготовителем тянутые прутки могут быть изготовлены с симметричным полем допуска, указанным в табл. 6.24.

Таблица 6.24

Номинальный диаметр тянутых прутков и предельные отклонения по диаметру с симметричным полем допуска

Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями прутка	Предельное отклонение по диаметру при точности изготовления	
	повышенной	нормальной
До 3,0 включ.	± 0,05	± 0,10
Св. 3,0 до 6,0 включ.	± 0,08	± 0,15
Св. 6,0 до 10,0 включ.	± 0,11	± 0,20
Св. 10,0 до 18,0 включ.	± 0,14	± 0,25
Св. 18,0 до 30,0 включ.	± 0,17	± 0,30
Св. 30,0 до 50,0 включ.	± 0,20	± 0,60

Диаметр прессованных прутков и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.25.

Таблица 6.25.

Номинальный диаметр прессованных прутков и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр	Предельное отклонение по диаметру при точности изготовления	
	повышенной	нормальной
От 20 до 30 включ.	–	–0,80
Св. 30 до 50 включ.	–	–1,00
Св. 50 до 80 включ.	–	–1,20
Св. 80 до 100 включ.	–	–1,40
Св. 100 до 120 включ.	–1,7	–2,20
Св. 120 до 150 включ.	–1,7	–2,50
Св. 150 до 180 включ.	–3,0	–4,00
Примечание. Диаметры, площадь поперечного сечения и теоретическая масса 1 м прессованных прутков приведены в приложении Б. ГОСТ 1535		

По длине прутки изготовляют в отрезках:

– немерной длины:

от 2 до 5 м — диаметром до 40 мм включ.,

от 1 до 4 м — диаметром св. 40 до 80 мм включ.,

от 1 до 3 м — диаметром св. 80 до 100 мм включ.,

от 0,5 до 2 м — диаметром св. 100 мм;

- мерной длины в пределах немерной с предельными отклонениями по длине:

для тянутых и экструдированных — плюс 15 мм;

для прессованных:

диаметром до 80 мм — плюс 20 мм,

диаметром св. 80 мм — плюс 25 мм.

Предельные отклонения по длине мерных прутков с обрубленными концами не должны превышать ± 100 мм;

– кратной мерной длины в пределах немерной с припуском 5 мм на каждый рез и с допуском по длине, установленными для прутков мерной длины.

По согласованию потребителя с изготовителем допускается изготовление прутков длиной, превышающей указанную, с допусками, установленными по согласованию между потребителем и изготовителем.

По согласованию потребителя с изготовителем допускается изготовление тянутых прутков диаметром до 18 мм включительно в бухтах массой до 140 кг.

По согласованию потребителя с изготовителем тянутые прутки могут быть изготовлены в бухтах следующих типов:

- бухты свободной намотки (БТ);
- бухты послойной упорядоченной намотки (БУ).

Концы прутков в бухте могут быть прямыми.

Химический состав литой и деформируемой меди приведен в табл. 6.26.

Таблица 6.26

Химический состав литой и деформированной меди (ГОСТ 859)

Марка меди	Массовая доля элемента (в процентах)														Способ получения (для справок)
	Медь, не менее	Медь +серебро, не менее	Примеси, не более												
			Висмут	Железо	Никель	Цинк	Олово	Сурьма	Мышьяк	Свинец	Сера	Кислород	Фосфор	Серебро	
МООб	99,99	–	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0003	0,002	Переплавка катодов в восстановительной или инертной атмосфере или вакууме
МОб	–	99,97	0,001	0,004	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	–	
М1б	–	99,95	0,001	0,004	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,003	0,002	–	
МОО	99,96	–	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,03	0,0005	0,002	Переплавка катодов
МО	–	99,93	0,0005	0,004	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,003	0,003	0,04	–	–	
М1	–	99,90	0,001	0,005	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,005	0,004	0,05	–	–	
М1р	–	99,90	0,001	0,005	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,01	0,002–0,012	–	Переплавка катодов и лома меди с раскислением фосфором
М1ф	–	99,90	0,001	0,005	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	–	0,012–0,04	–	
М2р	–	99,70	0,002	0,05	0,2	–	0,05	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005–0,06	–	
М3р	–	99,50	0,003	0,05	0,2	–	0,05	0,05	0,05	0,03	0,01	0,01	0,005–0,06	–	
М2	–	99,70	0,002	0,05	0,2	–	0,05	0,005	0,01	0,01	0,01	0,07	–	–	Огневое рафинирование и переплавка отходов и лома меди
М3	–	99,50	0,003	0,05	0,2	–	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,08	–	–	

Приме чания.

1. В меди марок МООб и МОО массовая доля селена не должна превышать 0,0005%, теллура – 0,0005%.
2. По согласованию сторон в соответствии с контрактом допускается изготовление меди марки МОб с массовой долей кислорода не более 0,002%.
3. В обозначение марок меди М1 и М1р, предназначенной для электротехнической промышленности и подлежащей испытаниям на электропроводность, дополнительно включают букву Е.
4. По согласованию сторон в соответствии с контрактом допускается изготовление меди марок МОО и МО с массовой долей кислорода 0,035% и 0,045% соответственно.
5. Знак «–» означает, что данный элемент не нормируют.
6. По контракту изготовителя с потребителем в изделиях из меди марки М1, предназначенных для электротехнической промышленности, массовая доля фосфора не должна превышать 0,002%.

Условные обозначения прутков проставляют по схеме:

Пруток X XX X X.....ГОСТ 1535—2016

- Способ изготовления
- Форма сечения
- Точность изготовления
- Состояние
- Размеры сечения
- Длина
- Марка меди
- Особые условия
- Обозначение настоящего стандарта

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированный (тянутый) — Д,
горячедеформированный (прессованный) — Г;
Экструдированный — Э;

форма сечения: круглый — КР,
квадратный — КВ,
шестигранный — ШГ;

точность изготовления: нормальная — Н,
повышенная — П,
высокая — В;

состояние: мягкое — М,
полутвердое — П,
твердое — Т;

длина: немерная — НД;
мерная — МД,
кратная мерной — КД;

особые условия: допускаемые отклонения диаметра с симметричными допусками — А,
для обработки на автоматах — АВ,
мягкое состояние повышенной пластичности — Л,
полутвердое состояние повышенной пластичности — Ф,
твердое состояние повышенной пластичности — У,
с обрезанными концами — ОК,
повышенной точности по кривизне — С,
регламентированные требования по испытанию на растяжение — Р,
регламентированные требования измерения твердости по Бринеллю — НВ,
регламентированные требования измерения твердости по Виккерсу — HV,
пруток в бухтах свободной намотки — БТ,
пруток в бухтах послойной упорядоченной намотки — БУ.

Знак «Х» ставится вместо отсутствующих данных, кроме обозначения длины и особых условий.

Примеры условных обозначений прутков:

Пруток тянутый, круглый, высокой точности изготовления, твердый, диаметром 10 мм, немерной длины, из меди марки М1, предназначенный для обработки на автоматах:

Мруток ДКРВТ 10 НД М1 АВ ГОСТ 1535-2016.

Пруток тянутый, шестигранный, повышенной точности изготовления, мягкий, диаметром 19 мм, длиной 3000 мм, из меди марки М2:

Мруток ДШГММ 19×3000 М2 ГОСТ 1535-2016

Пруток тянутый, квадратный, нормальной точности изготовления, полутвердый, диаметром 10 мм, кратной мерной длины 1500 мм, из меди марки М3:

Мруток ДКВНМ 10×1500 КД М3 ГОСТ 1535-2016

Пруток тянутый, круглый, высокой точности изготовления, полутвердый, диаметром 10 мм, немерной длины, из меди марки М1, повышенной пластичности, с регламентированными требованиями по испытанию на растяжение, предназначенный для обработки на автоматах:

Мруток ДКРВМ 10 НД М1 Ф Р АВ ГОСТ 1535-2016

Пруток прессованный, круглый, диаметром 35 мм, немерной длины, из меди марки М3:

Мруток ГКРХХ 35 НД М3 ГОСТ 1535-2016

Если в заказе особые условия не указаны потребителем, то прутки изготовляют с условиями исполнения на усмотрение изготовителя.

Прутки изготовляют из меди марок: М1, М1р, М1ф, М2р, М3р, М2, М3 по ГОСТ 859. Механические свойства медных прутков приведены в табл. 6.27 и табл. 6.28.

Таблица 6.27

Механические свойства прутков

Способ изготовления	Состояние материала	Вид испытаний*	Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями, мм	Временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение после разрыва, %, не менее		Твердость			
					δ1О	δ5	НВ		HV	
				мин.	мин.	мин.	мин.	макс.	мин.	макс.
Тянутые	Мягкое	Р	От 3,О до 5О,О включ.	2ОО (2О)	35	4О	–	–	–	–
		Н	От 7,О до 5О,О включ.	–	–	–	4О	–	4О	65
	Полутвердое	Р	От 3,О до 5О,О включ.	24О (24)	1О	15	–	–	–	–
		Н	От 7,О до 5О,О включ.	–	–	–	6О	–	7О	95
	Твердое	Р	От 3,О до 5О,О включ.	27О (28)	5	8	–	–	–	–
		Н	От 7,О до 5О,О включ.	–	–	–	7О	–	9О	115
Прессованные		Р	От 2О,О до 5О,О включ.	19О (19)	3О	35	–	–	–	–
		Н	От 5О,О до 18О,О включ.	–	–	–	35	–	4О	–
Экструдированные		Р	От 15,О до 5О,О включ.	2ОО (2О)	35	4О	–	–	–	–
		Н	От 15,О до 5О,О включ.	–	–	–	4О	–	4О	65

* Р — испытание на растяжение — определение $\sigma_в$, $\delta_{1О}$, δ_5; Н — испытание на твердость НВ или HV.

Примечания.

1. Относительное удлинение определяют на длинных ($\delta_{1О}$) или коротких (δ_5) образцах.
2. Если в заказе не указывается вид испытания и какое относительное удлинение необходимо определять — $\delta_{1О}$ или δ_5, то выбор остается за изготовителем прутков.
3. Знак «–» означает, что испытание не проводится.

По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовление тянутых прутков повышенной пластичности в мягком, полутвердом, твердом состояниях с механическими свойствами, указанными в табл. 6.28.

Таблица 6.28

Механические свойства тянутых прутков повышенной пластичности

Способ изготовления	Состояние материала	Вид испытаний*	Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями, мм		Временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм2), не менее	Относительное удлинение после разрыва, %, не менее	
						δ1О	δ5
			мин.	макс.	мин.	мин.	мин.
Тянутые	Мягкое	Р	3	5О	21О (22)	4О	45
	Полутвердое	Р	3	5О	24О (24)	15	17
	Твердое	Р	3	5О	29О (3О)	6	8

* Р — испытание на растяжение — определение σв, $\delta_{1О}$, δ_5.

Примечания.

1. Относительное удлинение определяют на длинных ($\delta_{1О}$) или коротких (δ_5) образцах.
2. Если в заказе не указано, какое относительное удлинение прутков необходимо определять — $\delta_{1О}$ или δ_5, то выбор остается за изготовителем прутков.

Фольги, ленты, листы и плиты латунные (ГОСТ 2208)

Сортамент фольги, ленты, листов и плит изготавливается из следующих марок латуней Л90, Л65, Л80, Л70, Л68, ЛС59-1, ЛО90-1, ЛМц58-2, ЛХМц58-1-1.

Толщина фольги, лент, холоднокатаных листов и предельные отклонения по толщине в зависимости от ширины должны соответствовать указанным в табл. 6.29.

Таблица 6.29

<table>
<tr><th rowspan="3">Номинальная толщина фольги, лент, полос,холоднокатаных листов</th><th colspan="6">Предельное отклонение по толщине при ширине, мм</th></tr>
<tr><th colspan="2">от 10 до 300 включ.</th><th colspan="2">св. 300 до 600 включ.</th><th rowspan="2">св.600 до 800 включ.</th><th rowspan="2">св. 800 до 1000 включ.</th></tr>
<tr><th>нормальной точности</th><th>повышенной точности</th><th>нормальной точности</th><th>повышенной точности</th></tr>
<tr><td>От 0,05 до 0,10</td><td>0
–0,01</td><td rowspan="2">–</td><td>–</td><td rowspan="4">–</td><td rowspan="4">–</td><td rowspan="4">–</td></tr>
<tr><td>От 0,10 до 0,14 включ.</td><td>0
–0,02</td><td rowspan="2">0
–0,04</td></tr>
<tr><td>Св. 0,14 до 0,22 включ.</td><td>0
–0,03</td><td>0
–0,02</td></tr>
<tr><td>Св. 0,22 до 0,35 включ.</td><td>0
–0,04</td><td>0
–0,03</td><td>0
–0,05</td></tr>
<tr><td>Св. 0,35 до 0,50 включ.</td><td>0
–0,05</td><td>0
–0,04</td><td>0
–0,06</td><td>0
–0,05</td><td>0
–0,09</td><td>0
–0,12</td></tr>
<tr><td>Св. 0,50 до 0,70 включ.</td><td>0
–0,06</td><td>0
–0,05</td><td>0
–0,08</td><td>0
–0,07</td><td>0
0,10</td><td>0
–0,15</td></tr>
<tr><td>Св. 0,70 до 0,90 включ.</td><td>0
–0,07</td><td rowspan="2">0
–0,06</td><td>0
–0,09</td><td>0
–0,08</td><td rowspan="2">0
–0,12</td><td rowspan="2">0
–0,17</td></tr>
<tr><td>Св. 0,90 до 1,10 включ.</td><td>0
–0,08</td><td>0
–0,10</td><td>0
–0,09</td></tr>
<tr><td>Св. 1,10 до 1,50 включ.</td><td>0
–0,09</td><td>0
–0,07</td><td>0
–0,12</td><td>0
–0,11</td><td>0
0,14</td><td>0
0,18</td></tr>
<tr><td>Св. 1,50 до 1,80 включ.</td><td>0
–0,10</td><td>0
–0,08</td><td>0
0,14</td><td>0
–0,13</td><td>0
–0,16</td><td>0
–0,20</td></tr>
<tr><td>Св. 1,80 до 2,00 включ.</td><td>0
–0,11</td><td>0
–0,09</td><td>0
–0,15</td><td>0
–0,14</td><td rowspan="2">0
–0,18</td><td rowspan="2">0
–0,22</td></tr>
<tr><td>Св. 2,00 до 2,20 включ.</td><td>0
–0,12</td><td rowspan="9">–</td><td>0
–0,16</td><td rowspan="9">–</td></tr>
<tr><td>Св. 2,20 до 3,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–0,14</td><td>0
–0,18</td><td>0
–0,20</td><td>0
–0,24</td></tr>
<tr><td>Св. 3,00 до 3,50 включ.</td><td>0
–0,20</td><td rowspan="2">0
–0,24</td><td>0
–0,28</td></tr>
<tr><td>Св. 3,50 до 4,00 включ.</td><td>0
–0,18</td><td>0
–0,22</td><td>0
–0,30</td></tr>
<tr><td>Св. 4,00 до 4,50 включ.</td><td>0
–0,18</td><td>0
–0,24</td><td>0
–0,27</td><td>0
–0,32</td></tr>
<tr><td>Св. 4,50 до 6,50 включ.</td><td>0
–0,22</td><td>0
–0,26</td><td>0
–0,30</td><td>0
–0,34</td></tr>
<tr><td>Св. 6,50 до 7,00 включ.</td><td rowspan="5">–</td><td>0
–0,28</td><td>0
–0,34</td><td>0
–0,36</td></tr>
<tr><td>Св. 7,00 до 8,00 включ.</td><td>0
–0,30</td><td>0
–0,36</td><td>0
–0,44</td></tr>
<tr><td>Св. 8,00 до 9,00 включ.</td><td>0
–0,32</td><td rowspan="2">0
–0,40</td><td rowspan="2">0
–0,50</td></tr>
<tr><td>Св. 9,00 до 10,00 включ.</td><td>0
–0,34</td></tr>
<tr><td>Св. 10,00 до 11,00 включ.</td><td>0
–0,40</td><td rowspan="2">0
–0,50</td><td>0
–0,60</td></tr>
<tr><td>Св. 11,00 до 12,00 включ.</td><td>0
–0,44</td><td>0
–0,70</td></tr>
</table>

Ширина фольги и лент и предельные отклонения по ширине в зависимости от толщины должны соответствовать указанным в табл. 6.3О.

Таблица 6.3О

Номинальная толщина фольги, лент	Предельное отклонение по ширине при ширине											
	до 1ОО включ.		св. 1ОО до 17О включ.		св. 17О до 3ОО включ.		св. 3ОО до 6ОО включ.		св. 6ОО до 8ОО включ.		св. 8ОО до 1000 включ.	
	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности
От О,О5 до О,1О	О – О,5	О – О,3	О – О,5	О – О,4	О – О,8	О – О,7	–	–	–	–	–	–
От О,1О до 1,ОО включ.							0 –1,2	0 –1,О	0 –2,О	0 –1,8	0 –2,6	0 –2,3
Св. 1,ОО до 2,ОО включ.	0 –О,8	0 –О,4	0 –О,8	0 –О,6	0 –1,3	0 –1,О	0 –1,6	0 –1,2	0 –2,8	0 –2,6	0 –3,5	0 –3,2
Св. 2,ОО до 3,ОО включ.	0 –2,О	0 –1,2	0 –3,О	0 –1,6	0 –3,О	0 –2,О	0 –3,О	0 –2,О	–	–	–	–
Св. 3,ОО до 6,ОО включ.	0 –3,О	0 –2,5	0 –3,5	0 –3,О	0 –3,5	0 –3,О	0 –4.О	0 –3,5	–	–	–	–
Примечание. Ленты шириной свыше 6ОО мм изготовляют толщиной О,5О мм и более.												

Длина фольги и ленты должна соответствовать указанной в табл. 6.31

Таблица 6.31

Толщина фольги, ленты, мм	Длина фольги, ленты, м, не менее
От О,О5 до О,1О	3О
От О,1О доО,5Овключ.	3О
Св. О,5О до 1,ОО включ.	2О
Св. 1,ОО до 2,ОО включ.	1О
Св. 2,ОО до 6,ОО включ.	2
Примечание. Допускаются фольга и ленты толщиной до 2,ОО мм включительно меньшей длины, но не менее 5 м в количестве не более 1О % массы партии.	

Ленты, разрезанные на длины (полосы), и холоднокатаные листы изготовляют длиной от 5ОО до 2ООО мм с предельными отклонениями по длине:

– толщиной до 3,ОО мм включительно — плюс 1О,О мм;

– толщиной свыше 3,ОО мм — плюс 15,О мм.

По согласованию потребителя с изготовителем ленты,разрезанные на длины (полосы), и холоднокатаные листы изготовляют с минусовыми предельными отклонениями по длине:

– толщиной до 3,ОО мм включительно — минус 1О,О мм;

– толщиной свыше 3,ОО мм — минус 2О,О мм.

Толщина горячекатаных листов и предельные отклонения по толщине в зависимости от ширины должны соответствовать указанным в табл. 6.32.

Таблица 6.32

Толщина горячекатаных листов и предельное отклонение по толщине

<table>
<tr><th rowspan="2">Номинальная толщина горячекатаных листов</th><th colspan="4">Предельное отклонение по толщине при ширине, мм</th></tr>
<tr><th>от 100 до 1200 включ.</th><th>св. 1200 до 1800 включ.</th><th>св. 1800 до 2500 включ.</th><th>св. 2500 до 3000 включ.</th></tr>
<tr><td>От 3,00 до 3,50 включ.</td><td>0
–0,40</td><td>0
–0,60</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td>Св. 3,50 до 6,00 включ.</td><td>0
–0,45</td><td rowspan="2">0
–0,70</td><td rowspan="2">0
–0,90</td><td rowspan="2">–</td></tr>
<tr><td>Св. 6,00 до 7,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–0,50</td></tr>
<tr><td>Св. 7,00 до 8,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–0,80</td><td rowspan="4">0
–1,00</td><td rowspan="6">0
–1,20</td></tr>
<tr><td>Св. 8,00 до 9,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–0,55</td></tr>
<tr><td>Св. 9,00 до 10,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–0,90</td></tr>
<tr><td>Св. 10,00 до 11,00 включ.</td><td>0
–0,70</td></tr>
<tr><td>Св. 11,00 до 12,00 включ.</td><td>0
–0,80</td><td rowspan="2">0
–1,00</td><td>0
–1,10</td></tr>
<tr><td>Св. 12,00 до 13,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–0,90</td><td>0
–1,20</td><td>0
–1,40</td></tr>
<tr><td>Св. 13,00 до 14,00 включ.</td><td>0
–1,10</td><td>0
–1,30</td><td>0
–1,50</td></tr>
<tr><td>Св. 14,00 до 15,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–1,00</td><td>0
–1,20</td><td>0
–1,40</td><td rowspan="2">0
–1,60</td></tr>
<tr><td>Св. 15,00 до 16,00 включ.</td><td>0
–1,30</td><td>0
–1,50</td></tr>
<tr><td>Св. 16,00 до 17,00 включ.</td><td rowspan="2">0
–1,20</td><td>0
–1,40</td><td>0
–1,50</td><td>0
–1,60</td></tr>
<tr><td>Св. 17,00 до 19,00 включ.</td><td>0
–1,50</td><td>0
–1,60</td><td>0
–1,80</td></tr>
<tr><td>Св. 19,00 до 22,00 включ.</td><td>0
–1,40</td><td>0
–1,60</td><td rowspan="2">0
–1,80</td><td>0
–2,00</td></tr>
<tr><td>Св. 22,00 до 25,00 включ.</td><td>0
–1,60</td><td>0
–1,80</td><td>–</td></tr>
</table>

Толщина плит и предельные отклонения по толщине в зависимости от ширины должны соответствовать указанным в табл. 6.33.

Таблица 6.33

Номинальная толщина плит	Предельное отклонение по толщине при ширине		
	от 150 до 1000 включ.	св. 1000 до 2000 включ.	св.2000 до 2500 включ.
Св. 25,00 до 40,00 включ.	0 – 2,0	0 – 2,5	0 – 3,0
Св. 40,00 до 60,00 включ.	0 – 2,8	0 – 3,0	0 – 4,0
Св. 60,00 до 100,00 включ.	0 – 3,0	0 – 4,0	–
Св. 100,00 до 150,00 включ.	0 – 3,6	0 – 5,0	–

Ширина горячекатаных листов и предельные отклонения по ширине в зависимости от толщины должны соответствовать указанным в табл. 6.34.

Таблица 6.34

Номинальная толщина горячекатаных листов	Предельное отклонение по ширине при ширине	
	от 100 до 600 включ.	св. 600 до 3000 включ.
От 3,00 до 10,00 включ.	0 –10,0	0 –20,0
Св. 10,00 до 25,00 включ.	0 –20,0	0 –25,0
Примечание. Допускается по согласованию потребителя с изготовителем изготовление листов без обрезки по ширине. При этом предельные отклонения по ширине должны быть плюс 75 мм на каждую сторону.		

Горячекатаные листы изготовляют длиной от 1000 до 6000 мм. Предельные отклонения по длине — плюс 30 мм. По согласованию потребителя с изготовителем горячекатаные листы могут быть изготовлены длиной, отличающейся от приведенной. При этом предельные отклонения по длине устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

Плиты изготовляют шириной от 150 до 2500 мм и длиной от 600 до 4000 мм. Предельные отклонения по ширине и длине должны быть не более плюс 40,0 мм.

Допускается изготовление плит с симметричными предельными отклонениями по длине и ширине. При этом предельные отклонения устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

Условные обозначения фольги, лент, полос, листов и плит проставляют по схеме:

Фольга, лента, лист, плита X ПР X X ... XX ... ...
Способ изготовления
Форма сечения
Точность изготовления
Состояние
Размеры сечения
Длина
Марка
Особые условия
Обозначение настоящего стандарта

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднокатаные — Д,
горячекатаные — Г;
форма сечения: прямоугольная — ПР;
точность изготовления: нормальная по толщине и ширине — Н,
нормальная по толщине и повышенная по ширине — К,
повышенная по толщине и нормальная по ширине — И,
повышенная по толщине и повышенная по ширине — П;
состояние: мягкое — М,
полутвердое — П,
твердое — Т,
особо твердое — О,
пружинно-твердое — Ж;
длина: немерная — НД;
особые условия: антимагнитные — АМ,
с нормированной глубиной выдавливания — ГВ
для штамповки — ШТ
с предельными отклонениями:
по толщине «±» и по ширине «+» — ЕН,
по толщине «±» и по ширине «-» нормальной точности изготовления — ЕШ,
по толщине «±» и по ширине «-» повышенной точности изготовления — ЕГ,
нестандартными по толщине и ширине (согласованные между потребителем и изготовителем при заказе) — ЕЖ
для пищевой промышленности — ПЩ,
вид испытаний: регламентированные требования по испытанию на растяжение — Р,
регламентированные требования измерения твердости — Н:
- по Бринеллю — НВ,
- по Виккерсу — HV.
испытание на изгиб — ИГ

Вместо отсутствующих данных ставится «Х», кроме обозначения длины.

Примеры условных обозначений:

Лента холоднокатаная, повышенной точности изготовления по толщине и ширине, полутвердая, толщиной О,7О мм, шириной 35 мм, немерная, из латуни марки Л9О, вид испытания Р:

Лента ДМРММ 0,70×35 НД Л90 Р ГОСТ 2208-2007.

Лента холоднокатаная, нормальной точности изготовления по толщине и ширине, мягкая, толщиной О,25 мм, шириной 1ОО мм, немерная, из латуни марки Л9О, с нормированной глубиной выдавливания:

Лента ДМРНМ 0,25×100 НД Л90 ГВ ГОСТ 2208-2007.

Полоса холоднокатаная, повышенной точности изготовления по толщине и ширине, твердая, толщиной 1,2О мм, шириной 8О мм, длиной 2ООО мм, из латуни марки Л68, вид испытания Н:

Молоса ДМРМТ 1,20×80×2000 Л68 Н ГОСТ 2208-2007.

Лента холоднокатаная, повышенной точности изготовления по толщине и ширине, твердая, толщиной О,3О мм, шириной 2ОО мм, немерная, из латуни марки Л68 для штамповки:

Лента ДМРМТ 0,30×200 НД Л68 ШТ ГОСТ 2208-2007.

Лента холоднокатаная нормальной точности изготовления по толщине и ширине, мягкая, толщиной О,5О мм, шириной 28О мм, немерная, из латуни марки ЛМц58-2, вид испытания Р (вид испытания выбран изготовителем из-за отсутствия в заказе сведений по этому параметру) и испытанием на изгиб:

Лента ДМРНМ 0,50×280 НД ЛМц58-2 Р ИГ ГОСТ 2208-2007.

Лента холоднокатаная, нормальной точности изготовления, твердая, толщиной 2,ОО мм, шириной 5ОО мм, немерная, из латуни марки Л68 с предельными отклонениями по толщине «±» и по ширине «+», вид испытания Р:

Лента ДМРНТ 2,00×500 НД Л68 ЕН Р ГОСТ 2208-2007.

Лента холоднокатаная, нормальной точности изготовления, полутвердая, толщиной 1,5О мм, шириной 3ОО мм, немерная, из латуни марки Л68, с предельными отклонениями по толщине «±» и по ширине «-», с нормированной глубиной выдавливания, вид испытания Н:

Лента ДМРНМ 1,50×300 НД Л68 ЕШ ГВ Н ГОСТ 2208-2007.

Лента холоднокатаная, мягкая, толщиной 3,8О мм, шириной 4ОО мм, немерная, из латуни марки Л9О с нестандартными предельными отклонениями по толщине и ширине, вид испытания Р:

Лента ДМРХМ 3,80×400 НД Л90 ЕМ Р ГОСТ 2208-2007

Лист холоднокатаный, повышенной точности по толщине и нормальной точности по ширине, твердый, толщиной 1,ОО мм, шириной 2ОО мм, длиной 2ООО мм, из латуни марки Л63, антимагнитный, вид испытания Р:

Лист ДМРИТ 1,00 ´ 200 ´ 2000 Л63 АМ Р ГОСТ 2208-2007.

Лист холоднокатаный, нормальной точности по толщине и ширине, полутвердый, толщиной 2,1О мм, шириной 3ОО мм, немерной длины (в пределах от 5ОО до 2ООО мм), из латуни марки ЛМц58-2, вид испытаний Р:

Лист ДМРНМ 2,10×300 НД ЛМц58-2 Р ГОСТ 2208-2007.

Лист горячекатаный толщиной 7,ОО мм, шириной 15ОО мм, длиной 3ООО мм, из латуни марки Л63:

Лист ГМРХХ 7,00×1500×3000 Л63 ГОСТ 2208-2007.

Прутки латунные (ГОСТ 2060)

Номинальный диаметр тянутых прутков и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.35.

Таблица 6.35

Номинальный диаметр тянутых прутков и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр	Предельное отклонение по номинальному диаметру прутков при точности изготовления, мм				
	круглых			квадратных и шестигранных	
	высокой	повышенной	нормальной	повышенной	нормальной
До 3,0 включ.	ρ0,04	ρ0,05	ρ0,10	–	ρ0,10
Св. 3,0 до 4,5 включ.	ρ0,05	ρ0,08	ρ0,15	–	ρ0,15
Св. 4,5 до 6,0 включ.	ρ0,05	ρ0,08	ρ0,15	ρ0,08	ρ0,15
Св. 6,0 до 10,0 включ.	ρ0,06	ρ0,11	ρ0,20	ρ0,11	ρ0,20
Св. 10,0 до 18,0 включ.	ρ0,07	ρ0,14	ρ0,25	ρ0,14	ρ0,25
Св. 18,0 до 30,0 включ.	ρ0,08	ρ0,17	ρ0,30	ρ0,17	ρ0,30
Св. 30,0 до 50,0 включ.	ρ0,10	ρ0,20	ρ0,60	ρ0,20	ρ0,60

Примечания

1. Из латуни марки ЛС63-3 изготовляют только круглые прутки диаметром от 3,0 до 20,0 мм включительно.
2. За диаметр квадратных и шестигранных прутков принимают диаметр вписанной окружности, т.е. расстояние между параллельными гранями прутка.

Номинальный диаметр прессованных прутков и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.36.

Таблица 6.36

Номинальный диаметр прессованных прутков и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр	Предельное отклонение по номинальному диаметру прутков при точности изготовления, мм			
	круглых		квадратных и шестигранных	
	повышенной	нормальной	повышенной	нормальной
До 10 включ.	ρ0,18	ρ0,29	–	–
Св. 10 до 18 включ.	ρ0,22	ρ0,35	–	–
Св. 18 до 30 включ.	ρ0,26	ρ0,42	ρ0,26	ρ0,42
Св. 30 до 50 включ.	ρ0,31	ρ0,50	–	ρ0,50
Св. 50 до 80 включ.	–	ρ0,60	–	ρ0,60
Св. 80 до 100 включ.	–	ρ0,70	–	ρ0,70
Св. 100 до 120 включ.	–	ρ1,10	–	–
Св. 120 до 160 включ.	–	ρ1,25	–	–
Св. 160 до 180 включ.	–	±1,40	–	–

Примечание. Знак «–» означает, что прутки указанных диаметров не изготовляют.

По длине прутки изготовляют немерной, мерной и кратной мерной длины в отрезках и в бухтах.

В отрезках:

– немерной длины

от 1500 до 3000 мм - диаметром от 3 до 4 мм включ.
» 2000 » 5000 » » св. 4 » 40 » »
» 1000 » 4000 » » » 40 » 80 » »
» 1000 » 3000 » » » 80 »100 » »
» 500 » 3000 » » » 100 мм.

В партии прутков немерной длины допускаются укороченные прутки в количестве не более 10 % массы партии:

длиной не менее 1000 мм - для прутков диаметром до 40 мм включ.,
длиной не менее 500 мм » » » св. 40 мм;

– мерной длины в пределах немерной с предельными отклонениями по длине для прутков:
тянутых — +15 мм;
прессованных:
диаметром до 8О мм — +15 мм,
» св. 8О мм - +2О мм.

Предельные отклонения по длине мерных прутков с обрубленными концами не должны превышать ±1ОО мм;

– кратной мерной длины в пределах немерной с припуском 5 мм на каждый рез и с допуском по длине, установленными для прутков мерной длины.

Допускается изготовление прутков длиной, не указанной в 4.4. При этом предельные отклонения по длине, косина реза, кривизна, скручивание, радиус закругления продольных ребер прутков и качество поверхности устанавливаются по согласованию потребителя с изготовителем.

По согласованию потребителя с изготовителем допускается изготовление тянутых прутков диаметром до 12 мм включительно и прессованных прутков диаметром до 22 мм включительно в бухтах. Длина прутка должна быть не менее 6ООО мм.

По согласованию потребителя с изготовителем тянутые и прессованные прутки могут быть изготовлены в бухтах:

– свободной намотки (БТ);

– послойной упорядоченной намотки (БУ).

Условные обозначения прутков проставляют по схеме:

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированный (тянутый) — Д,
горячедеформированный (прессованный) — Г;

форма сечения: круглый — КР,
квадратный — КВ,
шестигранный — ШГ;

точность изготовления: нормальная — Н,
повышенная — П,
высокая — В;

состояние: мягкое — М,
полутвердое — П,
твердое — Т;

длина: немерная — НД,
кратная мерной — КД;

особые условия: антимагнитный — АМ;
мягкое состояние повышенной пластичности — Л;
полутвердое состояние повышенной пластичности — Ф;
твердое состояние повышенной пластичности — У;
прессованное состояние обычной пластичности — С;
прессованное состояние повышенной пластичности — Ц;
вид угла:
без закругления — БС,
с закруглением — СК,
с обрезанными концами — ОК;
регламентированные требования по испытанию на растяжение — Р;
регламентированные требования измерения твердости — Н:
по Бринеллю — НВ,
по Виккерсу — HV;
пруток в бухтах свободной намотки — БТ;
пруток в бухтах послойной упорядоченной намотки — БУ.

Знак X ставится вместо отсутствующих данных, кроме обозначения длины и особых условий.

Примеры условных обозначений прутков:

Пруток тянутый, шестигранный, нормальной точности изготовления, полутвердый, диаметром 24 мм, длиной 3ООО мм, из латуни марки ЛО62-1, с закругленным углом:

Пруток ДШГНМ 24´3000 ЛО62-1 СК ГОСТ 2060-2006.

То же, тянутый, круглый, нормальной точности изготовления, твердый, диаметром 12 мм, немерной длины, из латуни марки ЛС63-3:

Пруток ДКРНТ 12 НД ЛС63-3 ГОСТ 2060-2006.

То же, прессованный, квадратный, нормальной точности изготовления, диаметром 24 мм, немерной длины, из латуни марки ЛХС58-1-1:

Пруток ГКВНХ 24 НД ЛМС58-1-1 ГОСТ 2060-2006.

То же, тянутый, квадратный, повышенной точности изготовления, твердый, диаметром 12 мм, длиной, кратной 5ООО мм, из латуни марки ЛС59-1, антимагнитный:

Пруток ДКВМТ 12 КД 5000 ЛС59-1 АМ ГОСТ 2060-2006.

То же, тянутый, круглый, высокой точности изготовления, твердый, диаметром 1О мм, мерной длины 2ООО мм, из латуни марки ЛС63-3:

Пруток ДКРВТ 10´2000 ЛС63-3 ГОСТ 2060-2006.

То же, тянутый, круглый, высокой точности изготовления, полутвердый, диаметром 1О мм, немерной длины, из латуни марки Л63, повышенной пластичности, с регламентированными требованиями по испытанию на растяжение:

Пруток ДКРВМ 10 НД Л63 Ф Р ГОСТ 2060-2006.

То же, тянутый, квадратный, повышенной точности изготовления, твердый, диаметром 1О мм, немерной длины, из латуни марки ЛС59-1, повышенной пластичности, без закругления, с регламентированными требованиями по испытанию на растяжение, в бухтах свободной намотки:

Пруток ДКВМТ 10 НД ЛС59-1 У БС Р БТ ГОСТ 2060-2006.

Если в заказе потребителем особые условия не указаны, то прутки изготовляют с условиями исполнения на усмотрение изготовителя.

Прутки изготовляют из латуни марок: Л63, ЛС63-3, ЛС59-1В, ЛС59-1, ЛС58-2, ЛС58-3, ЛС59-2, ЛХС58-1-1, ЛО62-1, ЛАХ6О-1-1, ЛХМц59-1-1, ЛМц58-2.

Механические свойства прутков из латуни приведены в табл. 6.37 и 6.38.

Таблица 6.37

Механические свойства прутков

Марка латуни	Способ изготовления	Состояние материала	Вид испытаний[1)]	Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение после разрыва, %, не менее		Твердость, не менее	
						δ_5	δ_{10}	HB	HV
					мин.	мин.	мин.	мин.	мин.
Л63	Тянутые	Мягкое	Р	От 3 до 50 включ.	290 (30)	44	40	–	–
			Н	От 3 до 50 включ.	–	–	–	70	65
		Полутвердое	Р	От 3 до 40 включ.	370 (38)	17	15	–	–
			Н	От 3 до 40 включ.	–	–	–	100	121
		Твердое	Р	От 3 до 12 включ.	440 (45)	11	10	–	–
			Н	От 3 до 12 включ.	–	–	–	130	161
	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	290 (30)	33	30	–	–
			Н	От 10 до 180 включ.	–	–	–	–	65
ЛС63-3	Тянутые	Полутвердое	Р	От 10 до 20 включ.	350 (36)	–	12	–	–
			Н	От 10 до 20 включ.	–	–	–	95	–
		Твердое	Р	От 3 до 9,5 включ.	590 (60)	–	–	–	–
			Н	От 3 до 9,5 включ.	–	–	–	155	–
		Твердое	Р	От 10 до 14 включ.	540 (55)	–	–	–	–
			Н	От 10 до 14 включ.	–	–	–	143	–
		Твердое	Р	От 15 до 20 включ.	490 (50)	–	–	–	–
			Н	От 15 до 20 включ.	–	–	–	130	–

Продолжение табл. 6.37

Марка латуни	Способ изготовления	Состояние материала	Вид испытаний[1)]	Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение после разрыва, %, не менее		Твердость, не менее	
						δ_5	δ_{10}	HB	HV
					мин.	мин.	мин.	мин.	мин.
ЛС59-1, ЛС59-1В, ЛС58-2, ЛС58-3, ЛС59-2	Тянутые	Мягкое	Р	От 3 до 50 включ.	330 (34)	25	22	–	–
			Н	От 3 до 50 включ.	–	–	–	80	80
		Полутвердое	Р	От 3 до 12 включ.	410 (42)	10	8	–	–
			Н	От 3 до 12 включ.	–	–	–	100	121
		Полутвердое	Р	От 13 до 20 включ.	390 (40)	15	12	–	–
			Н	От 13 до 20 включ.	–	–	–	100	121
		Полутвердое	Р	От 21 до 40 включ.	390 (40)	18	15	–	–
			Н	От 21 до 40 включ.	–	–	–	100	121
		Твердое	Р	От 3 до 12 включ.	490 (50)	7	5	–	–
			Н	От 3 до 12 включ.	–	–	–	130	171
	Прессованные		Р	От 10 до 50 включ.	360 (37)	22	18	–	–
			Н	От 10 до 50 включ.	–	–	–	–	80
	Прессованные		Р	От 55 до 180 включ.	360 (37)	22	18	–	–
			Н	От 55 до 180 включ.	–	–	–	–	70
ЛХС58-1-1	Тянутые	Полутвердое	Р	От 3 до 50 включ.	440 (45)	–	10	–	–
			Н	От 3 до 50 включ.	–	–	–	130	–
	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	290 (30)	–	20	–	–
			Н	От 10 до 180 включ.	–	–	–	–	–
ЛО62-1	Тянутые	Полутвердое	Р	От 3 до 50 включ.	390 (40)	–	15	–	–
			Н	От 3 до 50 включ.	–	–	–	100	–
	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	360 (37)	–	20	–	–
			Н	От 10 до 180 включ.	–	–	–	80	–
ЛАХ60-1-1	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	440 (45)	–	18	–	–
			Н	От 10 до 180 включ.	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 6.37

Марка латуни	Способ изготовления	Состояние материала	Вид испытаний[1)]	Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение после разрыва, %, не менее		Твердость, не менее	
						δ_5	δ_{10}	HB	HV
					мин.	мин.	мин.	мин.	мин.
ЛХМц59-1-1	Тянутые	Полутвердое	Р	От 3 до 12 включ.	490 (500)	–	15	–	–
			Н	От 3 до 12 включ.	–	–	–	130	–
		Полутвердое	Р	От 13 до 50 включ.	440 (45)	–	17	–	–
			Н	От 13 до 50 включ.	–	–	–	130	–
	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	430 (44)	–	28	–	–
			Н	От 10 до 180 включ.	–	–	–	80	–
ЛМц58-2	Тянутые	Полутвердое	Р	От 3 до 12 включ.	440 (45)	–	20	–	–
			Н	От 3 до 12 включ.	–	–	–	130	–
		Полутвердое	Р	От 13 до 50 включ.	410 (42)	–	20	–	–
			Н	От 13 до 50 включ.	–	–	–	125	–
	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	390 (40)	–	25	–	–
			Н	От 10 до 180 включ.	–	–	–	80	–

[1)] Вид испытаний:

– Р— по испытанию на растяжение — $\sigma_в$, δ_5 или δ_{10};

– Н — по твердости HB или HV.

Примечания:

1. Относительное удлинение определяют на коротких (δ_5) или на длинных (δ_{10}) образцах.

2. Если в заказе не указаны вид испытания, твердость (HB или HV) и какое относительное удлинение необходимо определять (δ_5 или δ_{10}), выбор остается за изготовителем прутков.

3. Знак «–» означает, что испытание не проводится.

Таблица 6.38

Механические свойства прутков повышенной пластичности

Марка латуни	Способ изготовления	Состояние материала	Вид испытаний[1)]	Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение после разрыва, %, не менее	
						δ_5	δ_{10}
					мин.	мин.	мин.
Л63	Тянутые	Мягкое	Р	От 3 до 50 включ.	290 (30)	46	40
		Полутвердое	Р	От 3 до 40 включ.	370 (38)	27	24
		Твердое	Р	От 3 до 12 включ.	440 (45)	14	11
	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	290 (30)	39	35
ЛС59-1	Тянутые	Мягкое	Р	От 3 до 50 включ.	340 (35)	32	30
		Полутвердое	Р	От 3 до 12 включ.	430 (44)	14	12
		Полутвердое	Р	От 13 до 20 включ.	430 (44)	16	14
		Полутвердое	Р	От 21 до 40 включ.	410 (42)	20	17
		Твердое	Р	От 3 до 12 включ.	490 (50)	12	9
	Прессованные		Р	От 10 до 180 включ.	360 (37)	23	20

[1)] Вид испытаний:
– Р — по испытанию на растяжение — $\sigma_в$, δ_5 или δ_{10}.

Приме чания
1. Относительное удлинение определяют на коротких (δ_5) или на длинных (δ_{10}) образцах.
2. Если в заказе не указано, какое относительное удлинение необходимо определять (δ_5 или δ_{10}), выбор остается за изготовителем прутков.

Химический состав фольги, лент, листов, плит латунных (ГОСТ 2208)

Химический состав различных марок латуней приведены в табл. 6.39—6.41

Таблица 6.39

Химический состав простых (двойных) латуней (ГОСТ 15527)

Марка	Предел	Массовая доля, %								Расчетная плотность, г/см3, приблизительно	Пример применения
		Элемент							Сумма прочих элементов		
		Cu медь	Pb свинец	Fe железо	Sb сурьма	Bi висмут	P фосфор	ZИ цинк			
Л96	мин. макс.	95,О– 97,О	–О,О3	–О,1	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,2	8,9	Листы, ленты, полосы, трубы, прутки, проволока для деталей в электротехнике, для медалей и значков
Л9О	мин. макс.	88,О– 91,О	–О,О3	–О,1	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,2	8,8	
Л85	мин. макс.	84,О– 86,О	–О,О3	–О,1	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,3	8,7	
Л8О	мин. макс.	79,О– 81,О	–О,О3	–О,1	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,3	8,7	Листы, ленты, полосы, проволока, художественные изделия, сильфоны, манометрические трубки, гибкие шланги, музыкальные инструменты
Л7О	мин. макс.	69,О– 71,О	–О,О5	–О,О7	–О,ОО2	–О,ОО2	—	Остальное —	–О,2	8,5	Радиаторные ленты, полосы, трубы, теплообменники, музыкальные инструменты, детали, получаемые глубокой вытяжкой
Л68	мин. макс.	67,О– 7О,О	О,О3	О,1	О,ОО5	О,ОО2	О,О1	Остальное —	–О,3	8,5	Проволочные сетки, радиаторные ленты, трубы для теплообменников, детали, получаемые глубокой вытяжкой
Л63	мин. макс.	62,О– 65,О	–О,О7	–О,2	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,5	8,5	Листы, ленты, полосы, трубы, прутки, фольга, проволока, детали, получаемые глубокой вытяжкой
Л6О	мин. макс.	59,О– 62,О	–О,3	–О,2	–О,О1	–О,ОО3	–О,О1	Остальное —	–1,О	8,4	Штампованные детали, фурнитура

Примечания. 1. В латуни марки Л68, предназначенной для изготовления изделий специального назначения, массовая доля элементов не должна быть более: железа — О,О7%, сурьмы — О,ОО2%, фосфора — О,ОО5%, мышьяка — О,ОО5%, серы — О,ОО2% (сумма прочих элементов — О,2%). 2. В латунях марок Л96, Л9О, Л8О, Л7О, Л68, Л63, Л6О допускается массовая доля никеля до О,3% за счет массовой доли меди, которую не учитывают в сумме прочих элементов. 3. В латунях всех марок по согласованию с потребителем можно определять массовую долю олова, алюминия, марганца и кремния, значения которых учитывают в сумме прочих элементов. 4. В латуни марки Л7О, применяемой для производства конденсаторных труб и теплообменников, допускается массовая доля мышьяка до О,О6% за счет массовой доли меди, которую не учитывают в сумме прочих элементов. 5. В латуни марки Л63, применяемой в пищевой промышленности, массовая доля свинца не должна быть более О,О5%. 6. Для антимагнитных сплавов массовая доля железа не должна быть более О,О3%. 7. Расчетная плотность указана для расчета справочной теоретической массы изделий. 8. Знак «–», проставленный одновременно для верхнего и нижнего преде- лов массовой доли элемента, обозначает, что данный элемент не нормируется и определяется только по указанному в заказе требованию потребителя, и в этом случае содержание данного элемента включается в сумму прочих элементов. 9. Примеси, не указанные в таблице, учитывают в сумме прочих элементов, перечень которых определяют согласованием между потребителем и изготовителем. Примесью следует считать элемент, у которого указан только максимальный предел его содержания.

По согласованию потребителя с изготовителем допускается фольгу, ленты, листы и плиты изготовлять. из латуней других марок, указа иных в ГОСТ 15527. При этом механические свойства устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

Таблица 6.4О

Химический состав свинцовых латуней (ГОСТ 15527)

Марка	Предел	Массовая доля, %												Расчетная плотность, г/см^3, приблизительно	Пример применения
		Элемент											Сумма прочих элементов		
		Cu медь	Pb свинец	Fe железо	SИ олово	Иі никель	Al алюминий	Si крем–ний	Sb сурьма	Bi висмут	P фосфор	ZИ цинк			
ЛС74–3	мин.макс.	72,О–75,О	2,4–3,О	–О,1	—	—	—	—	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,25	8,5	Ленты, полосы, прутки
ЛС64–2	мин. макс.	63,О– 66,О	1,5–2,О	–О,1	—	—	—	—	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,3		
ЛС63–3	мин. макс.	62,О– 65,О	2,4–3,О	–О,1	–О,1О	—	—	—	–О,ОО5	–О,ОО2	–О,О1	Остальное —	–О,25	8,5	Ленты, полосы, прутки, проволока
ЛС59–1В	мин. макс.	57,О– 61,О	О,8– 1,9	–О,5	—	—	—	—	–О,О1	–О,ОО3	–О,О2	Остальное —	–1,5	8,4	Прутки
ЛС59–1	мин. макс.	57,О– 6О,О	О,8–1,9	–О,5	–О,3	—	—	—	–О,О1	–О,ОО3	–О,О2	Остальное —	–О,75	8,4	Листы, ленты, полосы, прутки, профили, трубы, проволока, поковки
ЛС58–2	мин. макс.	57,О– 6О,О	1,О–3,О	–О,7	–1,О	–О,6	–О,3	–О,3	–О,О1	—	—	Остальное —	–О,3	8,4	Полосы, прутки, проволока
ЛС58–3	мин. макс.	57,О– 59,О	2,5–3,5	–О,5	–О,4	–О,5	–О,1	—	—	—	—	Остальное —	–О,2	8,45	Прутки
ЛС59–2	мин. макс.	57,О– 59,О	1,5–2,5	–О,4	–О,3	–О,4	–О,1	—	—	—	—	Остальное —	–О,2	8,4	Прутки
ЛХС58–1–1	мин. макс.	56,О– 58,О	О,7–1,3	О,7–1,3	—	—	—	—	–О,О1	–О,ОО3	–О,О2	Остальное —	–О,5	8,4	Прутки

Приме чания.

1. В свинцовых латунях допускается массовая доля никеля не более О,5%, в латунях марок ЛС59–1, ЛС59–1В, ЛС58–2 и ЛС58–3 – не более 1% за счет массовой доли меди, которую не учитывают в общей сумме прочих элементов.

2. В латуни марки ЛС59–1 сумма элементов олова и кремния должна быть не более О,5%.

3. В латунях всех марок можно определять массовую долю олова, алюминия, марганца и кремния.

4. В латуни марки ЛС58–2 массовая доля сурьмы при изготовлении прутков допускается не более О,1%.

5. Расчетная плотность указана для расчета справочной теоретической массы изделий.

6. Знак «–», проставленный одновременно для верхнего и нижнего пределов массовой доли элемента, обозначает, что данный элемент не нормируется и определяется только по указанному в заказе требованию потребителя, и в этом случае содержание данного элемента включается в сумму прочих элементов.

7. Примеси, не указанные в таблице, учитывают в сумме прочих элементов, перечень которых определяют согласованием между потребителем и изготовителем.

Примесью следует считать элемент, у которого указан только максимальный предел его содержания.

Таблица 6.41

Химический состав сложнолегированных латуней (15527)

Марка	Предел	Массовая доля, %															Расчетная плотность, г/см^3, приблизительно	Пример применения
		Элемент														Сумма прочих элементов		
		Cu медь	Al алюминий	As мышьяк	Fe железо	МИ марганец	Ii никель	Si кремний	SИ олово	P фосфор	B бор	Pb свинец	Sb сурьма	Bi висмут	SИ цинк			
ЛО90-1	мин. макс.	88,0–91,0	—	—	–0,1	—	—	—	0,2–0,7	–0,01	—	–0,03	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,2	8,4	Ленты, полосы, проволока
ЛО70-1	мин. макс.	69,0–71,0	—	—	–0,07	—	—	—	1,0–1,5	–0,01	—	–0,07	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,3	8,4	Листы, полосы, прутки для приборостроения, трубы для конденсаторов и теплообменников
ЛОМш70-1-0,05	мин. макс.	69,0–71,0	—	0,02–0,06	–0,1	—	—	—	1,0–1,5	–0,01	—	–0,07	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,3	8,4	Трубы
ЛОМш70-1-0,04	мин. макс.	69,0–71,0	—	0,02–0,04	–0,07	—	—	—	1,0–1,5	–0,01	—	–0,07	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,3	8,4	Трубы
ЛО62-1	мин. макс.	61,0–63,0	—	—	–0,10	—	—	—	0,7–1,1	–0,01	—	–0,10	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,3	8,4	Листы, полосы, прутки для приборостроения, трубы для конденсаторов и теплообменников
ЛКБО62-0,2-0,04-0,5	мин. макс.	60,5–63,5	—	—	–0,15	—	—	0,1– 0,3	0,3–0,7	—	0,03–0,10	–0,08	—	—	Остальное –	0,5 Алюминий 0,05	8,4	Проволока, прутки
ЛО60-1	мин. макс.	59,0–61,0	—	—	–0,1	—	—	—	1,0–1,5	–0,01	—	–0,3	–0,005	–0,002	Остальное –	–1,0	8,4	Проволока
ЛОК59-1-0,3	мин. макс.	58,0–60,0	—	–0,01	–0,15	—	—	0,2–0,4	0,7–1,1	–0,01	—	–0,1	–0,01	–0,003	Остальное –	–0,3	8,4	Проволока, прутки
ЛАМш77-2-0,05	мин. макс.	76,0–79,0	1,7–2,5	0,020–0,06	–0,1	—	—	—	—	–0,01	—	–0,07	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,3	8,4	Трубы
ЛАМш77-2-0,04	мин. макс.	76,0–79,0	1,7–2,5	0,02–0,04	–0,1	—	—	—	—	–0,01	—	–0,07	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,3	8,4	Трубы
ЛА77-2	мин. макс.	76,0–79,0	1,7–2,5	—	–0,07	—	—	—	—	–0,01	—	–0,07	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,3	8,3	Стойкие к морской воде детали машин, высоконагружаемая арматура
ЛА77-2у	мин. макс.	76,0–79,0	1,7–2,5	—	0,03–0,10	0,03–0,3	0,3–1,0	0,03–0,2	—	0,005–0,02	—	–0,07	–0,005	–0,002	Остальное –	–0,1	8,3	Трубы

Продолжение табл. 6.41

Марка	Предел	Массовая доля, %															Расчетная плотность, г/см³, приблизительно	Пример применения
		Элемент														Сумма прочих элементов		
		Cu медь	Al алюминий	As мышьяк	Fe железо	Mn марганец	Ni никель	Si кремний	Sn олово	P фосфор	B бор	Pb свинец	Sb сурьма	Bi висмут	Sn цинк			
ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5	мин.	73,0	1,6	—	–	0,3	2,0	0,3	—	–	—	–	–	–	Остальное	–	8,3	Полосы, трубы
	макс.	76,0	2,2		0,1	0,7	3,0	0,7		0,01		0,05	0,005	0,002		0,5		
ЛК75В	мин.	71,0	—	—	—	—	—	0,25	—	—	—	–	—	—	Остальное	1,4 Олово 0,05	8,4	Трубы
	макс.	78,0						0,5				0,07			–			
Л75мк	мин.	70,0	—	—	0,03	0,05	0,1	0,25	—	0,005	—	–	–	–	Остальное	–	8,4	Полосы, трубы
	макс.	76,0			0,06	0,15	0,25	0,5		0,02		0,07	0,005	0,002	–	0,1		
ЛМш68-0,05	мин.	67,0	—	0,02	–	—	—	—	—	–	—	–	–	–	Остальное	–	8,4	Трубы
	макс.	70,0		0,06	0,1					0,01		0,03	0,005	0,002	–	0,3		
ЛК62-0,5	мин.	60,5	—	—	–	—	—	0,3	—	—	—	–	–	–	Остальное	–	8,4	Проволока, прутки
	макс.	63,5			0,15			0,7				0,08	0,005	0,002	–	0,5		
ЛАЖ60-1-1	мин.	58,0	0,7	—	0,75	0,1	—	—	—	–	—	–	–	–	Остальное	–	8,3	Трубы, прутки для подшипников скольжения, судостроения и приборостроения
	макс.	61,0	1,5		1,50	0,6				0,01		0,40	0,005	0,002	–	0,7		
ЛАН59-3-2	мин.	57,0	2,5	—	–	—	2,0	—	—	–	—	–	–	–	Остальное	–	8,2	Прутки, трубы
	макс.	60,0	3,5		0,5		3,0			0,01		0,1	0,005	0,003	–	0,9		
ЛЖМц59-1-1	мин.	57,0	0,1	—	0,6	0,5	—	—	0,3	–	—	–	–	–	Остальное	–	8,3	Полосы, трубы, прутки, проволока
	макс.	60,0	0,4		1,2	0,8			0,7	0,01		0,2	0,01	0,003	–	0,3		
ЛМц58-2	мин.	57,0	—	—	–	1,0	—	—	—	–	—	–	–	–	Остальное	–	8,3	Листы, ленты, полосы, прутки, проволока для приборостроения
	макс.	60,0			0,5	2,0				0,01		0,1	0,005	0,002	–	1,2		

Примечания. 1. В сложнолегированных латунях, кроме марок ЛАН59-3-2, Л75мк, ЛА77-2у, допускается массовая доля никеля до 0,5%, которая не входит в общую сумму прочих элементов, а засчитывается в счет массовой доли меди. 2. В латуни марки ЛМц58-2 по требованию потребителя массовую долю марганца устанавливают в пределах 3,0%-4,0%. 3. В латуни ЛКБО62-0,2-0,04-0,5 массовая доля содержания бора должна быть в пределах от 0,03% до 0,10%, которую не включают в сумму прочих элементов. 4. В латуни марки ЛА77-2у массовая доля железа менее 0,03% не является браковочным признаком. 5. В латуни марки ЛАМш77-2-0,04 суммарная массовая доля фосфора и мышьяка не должна быть более 0,04%. 6. Изготовление латуни марки ЛОМш70-1-0,04 допускается без массовой доли мышьяка. 7. Расчетная плотность указана для расчета справочной теоретической массы изделий. 8. Знак «–», проставленный одновременно для верхнего и нижнего пределов массовой доли элемента, обозначает, что данный элемент не нормируется и определяется только по указанному в заказе требованию потребителя, и в этом случае содержание данного элемента включается в сумму прочих элементов. 9. Примеси, не указанные в таблице, учитывают в общей сумме прочих элементов, перечень которых определяют согласованием между потребителем и изготовителем.

Примесью следует считать элемент, у которого указан только максимальный предел его содержания.

Механические свойства лент и листов из латуни (ГОСТ 2208)

Механические свойства лент и листов должны соответствовать приведенным в таблице 6.42.

Таблица 6.42

Способ изготовления	Марка латуни	Состояние материала	Вид испытаний[1)]	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)		Относительное удлинение, %, не менее	Твердость, не менее	
				мин.	макс.	δ_{10}	HB	HV
Холоднокатаные	Л90	Мягкое	Р	230 (24)	340 (35)	36	—	—
			Н	—	—	—	60	65
		Полутвердое	Р	290 (30)	390 (40)	10	—	—
			Н	—	—	—	85	90
		Твердое	Р	350 (36)	—	3	—	—
			Н	—	—	—	110	120
	Л85	Мягкое	Р	250 (26)	360 (37)	38	—	—
			Н	—	—	—	65	70
		Полутвердое	Р	320 (33)	430 (44)	12	—	—
			Н	—	—	—	95	105
		Твердое	Р	390 (40)	—	3	—	—
			Н	—	—	—	110	125
	Л80	Мягкое	Р	260 (27)	370 (38)	40	—	—
			Н	—	—	—	65	70
		Полутвердое	Р	330 (34)	430 (44)	15	—	—
			Н	–	–	–	95	100
		Твердое	Р	390 (40)	—	3	—	—
			Н	—	—	—	120	125
	Л70	Мягкое	Р	270 (28)	360 (37)	40	—	—
			Н	—	—	—	70	75
		Полутвердое	Р	340 (35)	460 (47)	20	—	—
			Н	—	—	—	100	115
		Твердое	Р	430 (44)	—	10	—	—
			Н	—	—	—	125	140
	Л68	Мягкое	Р	280 (29)	370 (38)	42	—	—
			Н	—	—	—	70	75
		Полутвердое	Р	340 (35)	470 (48)	20	—	—
			Н	—	—	—	105	110
		Твердое	Р	430 (44)	540 (55)	10	—	—
			Н	—	—	—	125	130
		Особо твердое	Р	520 (53)	—	—	—	—
			Н	—	—	—	155	160
	Л63	Мягкое	Р	290 (30)	400(41)	38	—	—
			Н	—	—	—	70	75
		Полутвердое	Р	340 (35)	470 (48)	20	—	—
			Н	–	–	–	105	110
		Твердое	Р	410(42)	570 (58)	8	—	—
			Н	–	–	–	135	140
		Особо твердое	Р	510(52)	640 (65)	4	—	—
			Н	—	—	—	160	165
		Пружинно-твердое	Р	610(62)	—	—	—	—
			Н	—	—	—	180	190

Продолжение табл. 6.42

Способ изготовления	Марка латуни	Состояние материала	Вид испытаний[1)]	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)		Относительное удлинение, %, не менее	Твердость, не менее	
				мин.	макс.	δ_{10}	HB	HV
Холоднокатаные	ЛС59-1	Мягкое	Р	340 (35)	470 (48)	25	—	—
			Н	—	—	—	100	105
		Полутвердое	Р	400(41)	500(51)	10	—	—
			Н	—	—	—	—	—
		Твердое	Р	460 (47)	610(62)	5	—	—
			Н	—	—	—	200	—
		Особо твердое	Р	590 (60)	—	3	—	—
			Н	—	—	—	—	—
	ЛМц58-2	Мягкое	Р	380 (39)	470 (48)	30	—	—
			Н	—	—	—	85	—
		Полутвердое	Р	420 (43)	590 (60)	15	—	—
			Н	—	—	—	100	—
		Твердое	Р	590 (60)	—	3	—	—
			Н	—	—	—	120	—
	ЛО62-1	Твердое	Р	390 (40)	—	5	—	—
			Н	—	—	—	145	—
	ЛО90-1	Мягкое	Р	260 (27)	370 (38)	35	—	—
			Н	—	—	—	65	—
		Полутвердое	Р	330 (34)	430 (44)	7	—	—
			Н	—	—	—	95	—
		Твердое	Р	390 (40)	—	2	—	—
			Н	—	—	—	120	—
Горячекатаные	Л63	—	Р	290 (30)	390 (40)	30	—	—
			Н	—	—	—	—	—
	Л68	—	Р	—	—	—	—	—
			Н	—	—	—	—	—
	Л90	—	Р	—	—	—	—	—
			Н	—	—	—	—	—
	ЛО62-1	—	Р	340 (35)	440 (45)	20	—	—
			Н	—	—	—	—	—
	ЛС59-1	—	Р	360 (37)	490 (50)	18	—	—
			Н	—	—	—	—	—
	ЛМц58-2	—	Р	390 (40)	—	25	—	—
			Н	—	—	—	—	—
	ЛХМц59-1-1	—	Р	390 (40)	—	20	—	—
			Н	—	—	—	—	—

[1)] Вид испытаний:
– Р — по испытанию на растяжение — $\sigma_в$, δ_{10};
– Н — по твердости НВ или HV.

Примечания:

1. Если потребитель в заказе не указывает вид испытания (Р или Н), то выбор за изготовителем.
2. Знак «—» означает, что испытание не проводят.
3. Временное сопротивление определяют для лент, полос и листов толщиной 0,3 мм и более, относительное удлинение - для лент, полос и листов толщиной 0,5 мм и более.
4. Верхний предел временного сопротивления может быть выше, но не более чем на 20 МПа (2 кгс/мм^2) при сохранении:
– для лент, полос и листов толщиной 0,5 мм и более - относительного удлинения, приведенного в настоящей таблице;
– для лент, полос и листов толщиной менее 0,5 мм - глубины выдавливания должен соответствовать ГОСТ 2208.

Механические свойства для горячекатаных листов толщиной свыше 12 мм определяют по требованию потребителя.

Механические свойства плит не регламентируют. Механические свойства плит определяют по согласованию потребителя с изготовителем, при этом согласовывают место и порядок отбора образца.

Латунная проволока

Проволока предназначена для общего применения.

Размеры проволоки, мм:

– круглой — О,1О; О,11; 12; О,14; О,15; О,16; О,17; О,18; О,2О; О,22; О,24; О,25; О,28; О,3О; О,32; О,36; О,4О; О,45; О,5О; О,56; О,6О; О,63; О,7О; О,75; О,8О; О,9О; 1,ОО; 1,1О; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,О; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3,О; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,О; 4,2; 4,5; 4,8; 5,О; 5,3; 5,6; 6,О; 6,3; 7,О; 7 5; 8,О; 8,5; 9,О; 9,5; 1О,О; 11,О; 12,О;

– квадратной и шестигранной (диаметр вписанной окружности, т. е. расстояние между параллельными гранями проволоки) — 3,О; 3,2; 3,5; 4,О; 4,5; 5,О; 5,5; 6; 7; 8; 9; 1О; 11; 12.

При обозначении проволоки применяют следующие сокращения: холоднодеформированная — Д; круглая — КР, квадратная — КВ; шестигранная — ШГ; нормальная — Н; повышенная — П; мягкая — М; полутвердая — П; твердая — Т; бухты — БТ; катушки — КТ; антимагнитная — АМ.

Пример обозначения проволоки круглой, нормальной точности, мягкой, диаметром О,5 мм на катушках, из сплава марки Л8О, антимагнитной:

Мроволока ДКРНМ 0,5 КТ Л80 АМ ГОСТ 1066—90.

Трубка тянутая, круглого сечения, нормальной точности изготовления, мягкая, наружным диаметром 5 мм, с толщиной стенки О,25 мм, длиной 2ООО мм, из меди марки М2:

Трубка ДКРНМ 5х0,25х2 М2 ГОСТ 11383—75.

То же, повышенной точности изготовления, твердая, наружным диаметром 11 мм, с толщиной стенки О,5 мм, длиной, кратной 15ОО мм, из латуни марки Л63*:*

Трубка ДКРМТ 11х0,5х1,5 КД Л63 ГОСТ 11383—75.

То же, нормальной точности изготовления, мягкая, наружным диаметром 3 мм, толщиной стенки О,4О мм в бухтах, из меди марки М1:

Трубка ДКРНМ 3х0,40 БУХТ М1 ГОСТ 11383—75.

В табл. 6.43 и табл. 6.44 приведены марки материалов для производства латунной проволоки и её механические свойства.

Таблица 6.43

Марки, состояние поставки и точность изготовления проволоки

Марка сплава	Форма сечения	Размеры проволоки, мм	Состояние проволоки	Точность изготовления
Л8О	Круглая	О,25—5,3	Мягкая, полутвердая	Проволоку изготовляют нормальной точности по диаметру
Л69, Л63	Круглая	О,1О—О,18	Мягкая, твердая	
		О,2О—12,О	Мягкая, полутвердая, твердая	
	Квадратная, шестигранная	3,О—12,О		
ЛС59-1	Круглая	О,6—1,9	Мягкая, твердая	
		2,О—12,О	Мягкая, полутвердая, твердая	
	Квадратная, шестигранная	3,О—12,О		

Таблица 6.44

Механические свойства проволоки

Марка сплава	Размеры проволоки, мм	Временное сопротивление проволоки $\sigma_в$, МПа			Относительное удлинение проволоки, %, не менее		
		мягкой	полутвердой	твердой	мягкой	полутвердой	твердой
		не менее					
Л8О	От О,25 до 5,3	29О	34О	—	25	15	Не регламентировано
Л68	От О,1О до О,18		—		2О	—	
	Св. О,18 » О,75	37О 34О	39О	69О—93О 69О—93О	25	5	
	» О,75 » 1,4О	31О 29О	37О	59О—78О 54О—74О	3О	1О	
	» 1,4О » 12,О		34О		4О	15	
Л63	От О,1О до О,18		—		18	—	
	Св. О,18 » О,5О	34О 34О	44О	74О—93О 69О—93О	2О	5	
	» О,5О » 1,ОО	34О 34О	44О	69О—88О 59О—78О	26	5	
	» 1,ОО » 4,8	31О	39О	54О—74О	3О	1О	
	» 4,8 » 12,О		35О		34	12	
ЛС59-1	От О,6 до 1,О		—	Не менее 49О Не менее 47О 49О—64О 44О—64О	25	—	1
	Св. 1,О » 1,9	34О 34О	—		27	—	2
	» 1,9 » 5,О	34О 34О	39О		3О	1О	3
	» 5,О » 12,О		39О		3О	12	4

Сортамент медных и латунных тонкостенных трубок

Таблица 6.45

Наружный диаметр, мм			Теоретическая линейная плотность, г/м, при толщине стенки, мм							
Номинальный	Предельное отклонение при точности изготовления		0,15		0,20		0,25		0,30	
	нормальной	повышенной	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л 63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л 63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63
1,5	±0,10	±0,05	5,659	5,404	—	—	—	—	—	—
1,6			6,079	5,805	7,823	7,472	—	—	—	—
1,8			—	—	—	—	—	—	—	—
2,0			7,756	7,393	10,062	9,608	12,229	11,679	14,254	13,612
2,2			8,595	8,207	11,178	10,675	13,623	13,010	—	—
2,4			9,433	9,007	12,295	11,843	15,020	14,345	—	—
2,5			—	—	12,854	12,276	15,718	15,012	—	—
2,6			—	—	13,412	12,809	16,700	15,947	—	—
(2,75)			—	—	—	—	—	—	—	—
2,8			—	—	—	—	17,818	17,001	—	—
3,0			11,948	11,407	15,646	14,943	19,215	18,351	22,633	21,615
3,2			—	—	16,766	16,013	—	—	—	—
3,4			— —	—	17,889	17,085	—	—	—	—
3,5			—	—	—	—	22,685	—	—	—
3,6			—	—	—	—	23,407	22,355	—	—
3,8			—	—	—	—	—	—	—	—
4,0			16,144	15,410	21,235	20,281	26,202	25,024	31,016	29,622
4,5			—	—	—	—	29,690	28,356	—	—
4,8			—	—	—	—	—	—	37,724	36,029
5,0			20,333	19,414	26,825	25,619	33,188	32,546	39,400	37,630
5,5	—0,15	—0,10	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0			24,526	23,418	32,414	30,957	40,175	38,369	47,784	45,636
7,0			28,718	27,421	38,003	36,295	45,897	43,834	56,168	53,644
7,5			30,814	29,424	—	—	—	—	—	—
8,0			32,911	31,227	43,602	44,636	54,139	52,832	64,564 63,757	61,653 65,657
8,5			—	—	—	—	—	—	68,757	65,657
9,0			37,095	35,428	49,181	46,971	61,134	58,386	72,936	69,658
9,5			—	—	—	—	64,623	61,718	—	—
10,0			41,287	39,432	54,771	52,309	68,121	65,059	81,319	77,665
(10,1)			—	—	—	—	—	—	—	—
10,2			—	—	—	—	—	—	—	—
11,0	—0,20	—0,15	45,479	43,435	60,360	5 7,647	75,107	71,732	89,703	85,672
(11,15) 12,0			—	—	—	—	—	—	—	—
12,0			49,671	47,428	65,949	62,985	82,089	78,428	98,087	93,678
(12,1) 13,0			50,089	47,838	—	—	—	—	—	—
13,0			—	—	—	—	89,080	85,076	106,471	101,686

Продолжение табл. 6.45

Наружный диаметр, мм			Теоретическая линейная плотность, г/м, при толщине стенки, мм							
Номинальный	Предельное отклонение при точности изготовления		0,15		0,20		0,25		0,30	
	нормальной	повышенной	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63
(13,2) 14,0 15,0 16,0	—0,20	—0,15	54,708	52,250	—	—	—	—	—	—
14,0 18,0			—	—	—	—	96,067	91,749	114,855	109,692
15,0			—	—	—	—	—	—	123,238	117,700
16,0			—	—	—	—	—	—	131,622	125,706
17,0			—	—	—	—	—	—	—	—
18,0			—	—	—	—	—	—	—	—
19,0	—0,24	—0,20	—	—	—	—	—	—	—	—
20,0			—	—	—	—	—	—	—	—
21,0			—	—	—	—	—	—	—	—
22,0			—	—	—	—	—	—	—	—
24,0			—	—	—	—	—	—	—	—
28,0			—	—	—	—	—	—	232,228	221,791
5,5	—0,15	—0,10	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0			24,526	23,418	32,414	30,957	40,175	38,369	47,784	45,636
7,0			28,718	27,421	38,003	36,295	45,897	43,834	56,168	53,644
7,5			30,814	29,424	—	—	—	—	—	—
8,0			32,911	31,227	43,602	44,636	54,139	52,832	64,564 63,757	61,653 65,657
8,5			—	—	—	—	—	—	68,757	65,657
9,0			37,095	35,428	49,181	46,971	61,134	58,386	72,936	69,658
9,5			—	—	—	—	64,623	61,718	—	—
10,0			41,287	39,432	54,771	52,309	68,121	65,059	81,319	77,665
(10,1)			—	—	—	—	—	—	—	—
10,2			—	—	—	—	—	—	—	—
11,0	—0,20	—0,15	45,479	43,435	60,360	5 7,647	75,107	71,732	89,703	85,672
(11,15) 12,0			—	—	—	—	—	—	—	—
12,0			49,671	47,428	65,949	62,985	82,089	78,428	98,087	93,678
(12,1) 13,0			50,089	47,838	—	—	—	—	—	—
13,0			—	—	—	—	89,080	85,076	106,471	101,686
(13,2) 14,0 15,0 16,0			54,708	52,250	—	—	—	—	—	—
14,0 18,0			—	—	—	—	96,067	91,749	114,855	109,692
15,0			—	—	—	—	—	—	123,238	117,700
16,0			—	—	—	—	—	—	131,622	125,706
17,0			—	—	—	—	—	—	—	—
18,0			—	—	—	—	—	—	—	—
19,0	—0,24	—0,20	—	—	—	—	—	—	—	—
20,0			—	—	—	—	—	—	—	—
21,0			—	—	—	—	—	—	—	—
22,0			—	—	—	—	—	—	—	—
24,0			—	—	—	—	—	—	—	—
28,0			—	—	—	—	—	—	232,228	221,791

Продолжение табл. 6.45

Наружный диаметр, мм			Теоретическая линейная плотность, г/м, при толщине стенки, мм							
Номинальный	Предельное отклонение при точности изготовления		0,35		0,40		0,45		0,50	
	нормальной	повышенной	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63
1,5	±0,10	±0,05	—	—	—	—	—	—	—	—
1,6			—	—	—	—	—	—	—	—
1,8			—	13,545	—	—	—	—	—	—
2,0			16,136	15,105	17,889	17,085	19,491	18,615	—	—
2,2			—	—	—	—	—	—	—	—
2,4			—	—	—	—	—	—	—	—
2,5			21,031	20,085	—	—	—	—	—	—
2,6			—	—	—	—	—	—	29,343	28,024
(2,75)			—	—	—	—	28,925	27,625	—	—
2,8			—	—	—	—	—	—	—	—
3,0			25,917	24,752	29,067	27,761	32,067	30,625	34,932	33,362
3,2			—	—	31,304	29,892	—	—	—	—
3,4			—	—	—	—	—	—	—	—
3,5			—	—	—	—	—	—	—	—
3,6			—	—	—	—	—	—	—	—
3,8			—	—	—	—	—	—	—	—
4,0			35,801	34,163	40,248	38,436	42,642	42,636	48,906	46,708
4,5			—	—	—	—	—	—	—	—
4,8			—	—	49,181	46,971	—	—	—	—
5,0			45,479	43,435	51,424	49,113	57,218	54,647	62,878	60,052
5,5			—	—	—	—	—	—	—	—
6,0			55,260	52,776	62,603	59,789	69,794	66,657	76,852	73,398
7,0			65,041	62,118	73,781	70,465	82,370	78,668	90,824	86,742
7,5			—	—	—	—	—	—	—	—
8,0	—0,15	—0,10	74,822	71,460	84,959	81,141	94,945	90,678	—	100,087
8,5			—	—	—	—	—	—	—	—
9,0			84,603	80,801	96,138	91,817	107,521	102,683	—	—
9,5			—	—	—	—	—	—	—	—
10,0			94,384	90,142	107,316	102,493	120,097	114,699	—	—
(10,1)			95,364	91,078	—	—	—	—	—	—
10,2			—	—	—	109,540	—	—	—	—
11,0	—0,20	—0,15	104,166	99,484	118,495	113,160	132,672	126,710	146,716	140,122
(11,15)			105,634	100,886	—	—	—	—	—	—
12,0			113,947	108,825	129,673	123,845	145,248	138,720	160,690	153,468
(12,1)			—	—	—	—	—	—	—	—
13,0			123,728	118,176	140,851	134,521	158,180	151,071	174,662	166,812
(13,2)			—	—	—	—	—	—	—	—
14,0			133,509	127,508	152,030	145,197	170,399	162,741	188,636	180,158
15,0			—	—	163,208	155,673	182,975	174,751	202,608	193,502
16,0			—	—	174,587	166,549	195,551	186,762	216,582	206,848
17,0			162,852	155,530	—	—	—	—	230,554	220,192
18,0			—	—	—	—	—	—	244,528	233,537
19,0	—0,24	—0,20	—	—	—	—	—	—	258,501	246,882
20,0			—	—	—	—	—	—	272,474	260,228
21,0			—	—	—	—	—	—	286,447	273,572
22,0			—	—	—	—	—	—	300,420	286,917
24,0			—	—	—	—	—	—	328,366	313,607
28,0			—	—	—	—	—	—	384,258	366,988

Продолжение табл. 6.45

Наружный диаметр, мм			Теоретическая линейная плотность, г/м, при толщине стенки, мм					
Номинальный	Предельное отклонение при точности изготовления		0,60		0,65		0,70	
	нормальной	повышенной	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63	Медь и латунь марки Л96	Латунь марки Л63
1,5	±0,10	±0,05	—	—	—	—	—	—
1,6			—	—	—	—	—	—
1,8			—	—	—	—	—	—
2,0			—	—	—	—	—	—
2,2			—	—	—	—	—	—
2,4			—	—	—	—	—	—
2,5			—	—	—	—	—	—
2,6			—	—	—	—	—	—
(2,75)			—	—	—	—	—	—
2,8			—	—	—	—	—	—
3,0			—	—	—	—	—	—
3,2			—	—	—	—	—	—
3,4			46,956	44,839	—	—	—	—
3,5			—	—	—	—	—	—
3,6			—	—	—	—	—	—
3,8			—	—	—	—	60,651	57,917
4,0			57,018	54,444	60,847	58,104	—	—
4,5			—	—	—	—	—	—
4,8			—	—	—	—	—	—
5,0			—	—	—	—	—	—
5,5			—	—	—	—	—	89,678
6,0			—	—	—	—	—	—
7,0			—	—	—	—	—	—
7,5			—	—	—	—	—	—
8,0	—0,15	—0,10	—	—	—	—	—	136,385
8,5			—	—	—	—	—	—
9,0			—	—	—	—	—	—
9,5			—	—	—	—	—	—
10,0	—0,15	—0,10		—	—	—	—	—
(10,1)			—	—	—	—	—	—
10,2			—	—	—	—	—	—
11,0	—0,20	—0,1 5	—	—	—	—	—	—
(11,15)			—	—	—	—	—	—
12,0			—	—	—	—	—	—
(12,1)			—	—	—	—	—	—
13,0			—	—	—	—	—	—
(13,2)			—	—	—	—	—	—
14,0			—	—	—	—	—	—
15,0			—	—	—	—	—	—
16,0			—	—	—	—	—	—
17,0			—	—	—	—	—	—
18,0			—	—	—	—	—	—
19,0	—0,24	—0,20	—	—	—	—	—	—
20,0			—	—	—	—	—	—
21,0			—	—	—	—	—	—
22,0			—	—	—	—	—	—
24,0			—	—	—	—	—	—
28,0			—	—	—	—	—	—

Примечания.

1. Размеры трубок, взятые в скобки, в новых разработках применять не разрешается.

2. Трубки медные и из латуни марки Л96 с наружным диаметром от 3 до 10 мм и трубки из латуни марки Л63 с наружным диаметром от 3 до 19 мм включительно с толщиной стенки 0,5 мм изготавливаются только повышенной точности.

3. Теоретическая линейная плотность 1 м трубок вычисляется по номинальному диаметру трубок. Плотность принята равной:

меди и латуни марки Л96 —8900 кг/м^3;

латуни марки Л63 —8500 кг/м^3.

В таблице 6.46 приведены технические характеристики латунных труб для теплообменных аппаратов.

Таблица 6.46

Теоретическая масса 1 м труб при номинальном диаметре и номинальной толщине стенки

Наружный диаметр, мм	Теоретическая масса 1 м труб, кг, при толщине стенки, мм						
	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
6	0,0734	0,110	0,134	–	–	–	–
8	–	0,153	0,187	–	–	–	–
10	–	0,198	0,243	–	–	–	–
11	–	0,220	0,270	–	–	–	–
12	–	0,242	0,297	0,425	–	–	–
13	–	0,263	0,324	0,465	–	–	–
14	–	0,285	0,351	0,506	–	–	–
15	–	0,306	0,378	0,546	–	–	–
16	–	0,328	0,404	0,586	0,755	–	–
17	–	0,349	0,431	0,627	0,809	–	–
18	–	0,371	0,458	0,667	0,863	–	–
19	–	0,393	0,485	0,708	0,917	–	–
20	–	0,414	0,512	0,748	0,971	–	–
21	–	0,436	0,539	0,789	1,025	–	–
22	–	0,457	0,566	0,829	1,079	–	–
23	–	0,479	0,593	0,870	1,133	–	–
24	–	0,500	0,620	0,910	1,186	1,452	1,701
25	–	0,522	0,647	0,950	1,240	1,519	1,782
26	–	–	0,674	0,991	1,294	1,586	1,864
28	–	–	0,728	1,072	1,402	1,797	2,026
29	–	–	0,755	1,112	1,456	–	–
30	–	–	0,782	1,153	1,510	1,857	2,187
32	–	–	0,836	1,234	1,618	1,993	2,350
33	–	–	–	1,291	–	–	–
35	–	–	0,918	1,357	1,782	2,195	2,592
36	–	–	0,946	1,398	1,837	2,262	2,673
38	–	–	1,000	1,478	1,945	2,397	2,835
40	–	–	1,053	1,560	2,052	2,531	2,999
45	–	–	–	–	2,322	2,870	3,403
50	–	–	–	–	2,592	3,206	3,807

Приме чания.

1. Теоретическая масса вычислена по номинальному диаметру и номинальной толщине стенки.

2. Плотность латуни принята равной 8,6 г/см^2, что соответствует плотности латуни марок Л68, ЛМш68-0,05, ЛА77-2, ЛАМш77-2-0,05; плотность меди принята равной 8,9 г/см^2.

3. Поправочный коэффициент на теоретическую массу латуни марок Л70, ЛО70-1 и ЛОМш70-1-0,05 — 1,009; меди марок М1р и М2р — 1,035.

Трубы изготовляют из меди марок М1р и М2р, химический состав которых должен соответствовать ГОСТ 859, и латуни марок Л70, Л68, ЛО70-1, ЛА77-2, ЛМш68-0,05, ЛАМш77-2-0,05 и ЛОМш70-1-0,05, химический состав которых должен соответствовать ГОСТ 15527.

По согласованию изготовителя с потребителем трубы из сплава Л70 могут быть изготовлены с содержанием мышьяка от 0,02 % до 0,05 %.

Трубы, в зависимости от марок сплавов, изготовляют в мягком, полутвердом и твердом состояниях в соответствии с таблицей 5.

Механические свойства труб должны соответствовать указанным в таблице 5.

Таблица 6.47

Механические свойства труб

Марка сплава	Состояние материала	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм2)	Относительное удлинение после разрыва δ_{10}, %
		не менее	
М1р и М2р	Мягкое	200 (20)	35
	Полутвердое	240 (25)	12
	Твердое	290 (30)	3
Л70	Полутвердое	340 (35)	35
Л68	Мягкое	290 (30)	40
	Полутвердое	340 (35)	35
ЛМш68-0,05	Мягкое	290 (30)	40
ЛО70-1	Мягкое	320 (33)	45
	Полутвердое	360 (37)	40
ЛОМш70-1-0,05	Мягкое	320 (33)	45
	Полутвердое	370 (38)	40
ЛА77-2	Мягкое	320 (33)	45
	Полутвердое	370 (38)	40
ЛАМш77-2-0,05	Мягкое	320 (33)	42
	Полутвердое	370 (38)	40

Приме чания.

1. Значения предела текучести и твердости по Виккерсу являются справочными и приведены в приложении Б.
2. По согласованию изготовителя с потребителем трубы из латуни марки Л68 повышенной пластичности изготовляют со следующими нормами механических свойств:

1) для мягкого состояния:
   а) временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм2), не менее — 290 (30);
   б) относительное удлинение после разрыва δ10, %, не менее — 45;
2) для полутвердого состояния:
   а) временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм2), не менее — 340 (35);
   б) относительное удлинение после разрыва δ10, %, не менее — 40.

3. По согласованию изготовителя с потребителем трубы полутвердого состояния из латуни марок ЛА77-2 и ЛАМш77-2-0,05 повышенной прочности изготовляют со следующими нормами механических свойств:

1) временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм2), не менее — 390 (40);
2) относительное удлинение после разрыва δ10, %, не менее — 40.

Рекомендуемые рабочие условия труб из цветных металлов и сплавов приведены в табл. 6.47-1.

Табл. 6.47-1

Рекомендуемые рабочие условия труб из цветных металлов и сплавов

Марка материала, обозначение стандарта или технических условий	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Примечания
		температура стенки, °С	давление среды, МПа (кгс/см^2), не более		
Л68, ЛО70-1, ЛОМш 70-1-0,05, ЛАМш 77-2-0,05 ГОСТ 15527—70	ГОСТ 21646—76	От —196 до + 250	Не ограничено	ГОСТ 21646—76	п. 2
Л63, Л68, ЛС59-1, ЛХМц 59-1-1 ГОСТ 15527—70	ГОСТ 494—90	От —253 до + 250		ГОСТ 494—90	пп. 3, 4, 5
МНХ 5-1 ГОСТ 492—73	ГОСТ 17217—79	От —196 до + 200		ГОСТ 17217—79	п. 6
МНЖМц 30-1-1 ГОСТ 492—73	ГОСТ 10092—75	От 0 до + 250		ГОСТ 10092—75	п. 1
АД0, АД1, АМц ГОСТ 4784—74	ГОСТ 18475—82Е	От —270 до + 150		ГОСТ 18475—82Е	п. 7
АМг2, АМг3, АМг5 ГОСТ 4784—74	ГОСТ 18482—79Е		6 (60)	ГОСТ 18482—79Е	—

Примечания.

1. Испытания на растяжение проводить в мягком состоянии.
2. Испытания на растяжение латуни марки Л68 проводить в мягком состоянии.
3. Испытания на растяжение латунных труб марок Л63, Л68 проводить в мягком состоянии, трубы марок ЛС69-1, ЛХМц 59-1-1 испытываются прессованными.
4. По требованию потребителя тянутые и холоднокатаные трубы толщиной 3 мм и менее подвергаются испытанию на сплющивание.
5. По соглашению сторон трубы марок Л63, Л68 изготавливают с повышенной пластичностью.
6. Испытания на растяжение проводить в отожженном состоянии.
7. Механические свойства отожженных труб предприятие-изготовитель труб не контролирует.

ґсловные обозначения проставляют по схеме:

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднокатаная или тянутая — Д,
холоднокатаная или тянутая из сварной заготовки — С;

форма сечения: круглая — КР;

точность изготовления: нормальная по толщине стенки и диаметру — Н,
повышенная по толщине стенки и диаметру — П,
нормальная по толщине стенки и повышенная по диаметру — И,
повышенная по толщине стенки и нормальная по диаметру — К;

состояние: мягкое — М,
полутвердое — П,
твердое — Т;

длина: кратная мерной — КД;

особые условия исполнения: повышенная пластичность — ПП,
повышенная прочность — ПТ,
повышенная точность по кривизне — ПС,
повышенная точность по косине реза — ПУ.

Примеры условных обозначений труб:

Труба тянутая, круглая, нормальной точности изготовления, мягкая, наружным диаметром 15 мм, толщиной стенки 1,О мм, длиной 2О5О мм из латуни марки Л68:

Труба ДКРНМ 15 × 1,0 × 2050 Л68 ГОСТ 21646-2003.

Труба холоднокатаная, круглая, повышенной точности изготовления, мягкая, наружным диаметром 15 мм, толщиной стенки 1,О мм, длиной 2О5О мм из латуни марки Л68 повышенной пластичности:

Труба ДКРММ 15 × 1,0 × 2050 Л68 ММ ГОСТ 21646-2003.

Труба тянутая из сварной заготовки, круглая, нормальной точности изготовления, мягкая, наружным диаметром 15 мм, толщиной стенки 1,О мм, длиной 2О5О мм из латуни марки Л68:

Труба СКРНМ 15 × 1,0 × 2050 Л68 ГОСТ 21646-2003.

В табл. 6.48 приведены химический состав литейных латуней, а в табл. 6.49 — их прочностные характеристики и рекомендуемые области применения.

Химический состав литейных латуней

Наименование сплава	Марка сплава	Химический состав, %							
		основных компонентов							
		меди	алюминия	железа	марганца	кремния	олова	свинца	цинка
Латунь свинцовая	ЛЦ40С	57,0 – 61,0	–	–	–	–	–	0,8 – 2,0	Остальное
Латунь свинцовая	ЛЦ40Сд	58,0 – 61,0	–	–	–	–	–	0,8 – 2,0	
Латунь марганцовая	ЛЦ40Мц1,5	57,0 – 60,0	–	–	1,0 – 2,0	–	–	–	
Латунь марганцово–железная	ЛЦ40Мц3Ж	53,0 – 58,0	–	0,5 – 1,5	3,0 – 4,0	–	–	–	
Латунь марганцово–алюминиевая	ЛЦ40Мц3А	55,0 – 58,5	0,5 – 1,5	–	2,5 – 3,5	–	–	–	
Латунь марганцово–свинцовая	ЛЦ38Мц2С2	57,0 – 60,0	–	–	1,5 – 2,5	–	–	1,5 – 2,5	
Латунь марганцово–свинцово–кремнистая	ЛЦ37Мц2С2К	57 – 60	–	–	1,5 – 2,5	0,5 – 1,3	–	1,5 – 3,0	
Латунь алюминиевая	ЛЦ30А3	66,0 – 68,0	2,0 – 3,0	–	–	–	–	–	
Латунь оловянно–свинцовая	ЛЦ25С2	70,0 – 75,0	–	–	–	–	0,5 – 1,5	1,0 – 3,0	
Латунь алюминиево–железо–марганцовая	ЛЦ23А6Ж3Мц2	64,0 – 68,0	4,0 – 7,0	2,0 – 4,0	1,5 – 3,0	–	–	–	
Латунь кремнистая	ЛЦ16К4	78,0 – 81,0	–	–	–	3,0 – 4,5	–	–	
Латунь кремнисто–свинцовая	ЛЦ14К3С3	77 – 81	–	–	–	2,5 – 4,5	–	2,0 – 4,0	

Таблица 6.48

Продолжение

Наименование сплава	Марка сплава	Химический состав, %									
		примесей, не более									
		свинца	кремния	олова	сурьмы	марганца	железа	алюминия	фосфора	никеля	всего
Латунь свинцовая	ЛЦ4ОС	–	0,3	0,5	0,05	0,5	0,8	0,5	–	1,0	2,0
Латунь свинцовая	ЛЦ4ОСд	–	0,2	0,3	0,05	0,2	0,5	0,2	–	1,0	1,5
Латунь марганцовая	ЛЦ4ОМц1,5	0,7	0,1	0,5	0,1	–	1,5	–	0,03	1,0	2,0
Латунь марганцово–железная	ЛЦ4ОМц3Ж	0,5	0,2	0,5	0,1	–	–	0,6	0,05	0,5	1,7
Латунь марганцово–алюминиевая	ЛЦ4ОМц3А	0,2	0,2	0,5	0,05	–	1,0	–	0,03	1,0	1,5
Латунь марганцово–свинцовая	ЛЦ38Мц2С2	–	0,4	0,5	0,1	–	0,8	0,8	0,05	1,0	2,2
Латунь марганцово–свинцово–кремнистая	ЛЦ37Мц2С2К	As	Bi	0,6	0,1	–	0,7	0,7	0,1	1,0	1,7
		0,05	0,01								
Латунь алюминиевая	ЛЦ3ОА3	0,7	0,3	0,7	0,1	0,5	0,8	–	0,05	0,3	2,6
Латунь оловянно–свинцовая	ЛЦ25С2	–	0,5	–	0,2	0,5	0,7	0,3	–	1,0	1,5
Латунь алюминиево–железо–марганцовая	ЛЦ23А6Ж3Мц2	0,7	0,3	0,7	0,1	–	–	–	–	1,0	1,8
Латунь кремнистая	ЛЦ16К4	0,5	–	0,3	0,1	0,8	0,6	0,04	0,1	0,2	2,5
Латунь кремнисто–свинцовая	ЛЦ14К3С3	–	–	0,3	0,1	1,0	0,6	0,3	–	0,2	2,3

Приме чания.

1. Массовая доля никеля в латунях допускается за счет меди и в сумму примесей не входит.
2. По требованию потребителя массовая доля свинца в латуни марки ЛЦ4ОСд допускается 1,2 – 2,0%.
3. В латуни марки ЛЦ16К4 по согласованию изготовителя с потребителем допускается массовая доля алюминия до 0,1% при изготовлении деталей, не требующих гидравлической плотности.
4. В латуни марки ЛЦ4ОМц3Ж, применяемой для отливки гребных винтов, массовая доля меди должна быть 55 – 58%, алюминия – не более 0,8%, свинца – не более 0,3%.
5. Примеси, не указанные в табл. 1, учитываются в общей сумме примесей.
6. По согласованию изготовителя с потребителем в латуни марки ЛЦ38Мц2С2 массовая доля свинца допускается 1,2 – 2,0%

Прочностные характеристики и области применения литейных латуней

Марка латуни	Способ литья	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, Н/мм^2 (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ_5, %	Твердость по Бринеллю, НВ	Примерное назначение литья
		не менее			
ЛЦ4ОС	П	215 (22)	12	7О	Для литья арматуры, втулок и сепараторов шариковых и роликовых подшипников
	К, Ц	215 (22)	2О	8О	
ЛЦ4ОСд	Д	196 (2О)	6	7О	Для литья под давлением арматуры (втулки, тройники, переходники), сепараторов подшипников, работающих в среде воздуха или пресной воды
	К	264 (27)	18	1ОО	
ЛЦ4ОМц1,5	П	372 (38)	2О	1ОО	Для изготовления деталей простой конфигурации, работающих при ударных нагрузках, а также деталей узлов трения, работающих в условиях спокойной нагрузки при температурах не выше 6О °С
	К, Ц	392 (4О)	2О	11О	
ЛЦ4ОМц3Ж	П	441 (45)	18	9О	Для изготовления несложных по конфигурации деталей ответственного назначения и арматуры морского судостроения, работающих при температуре до 3ОО °С; массивных деталей, гребных винтов и их лопастей для тропиков
	К	49О (5О)	1О	1ОО	
	Д	392 (4О)			
ЛЦ4ОМц3А	К, Ц	441 (45)	15	115	Для изготовления деталей несложной конфигурации
ЛЦ38Мц2С2	П	245 (25)	15	8О	Для изготовления конструкционных деталей и аппаратуры для судов; антифрикционных деталей несложной конфигурации (втулки, вкладыши, ползуны, арматура вагонных подшипников)
	К	343 (35)	1О	85	
ЛЦ37Мц2С2К	К	343 (35)	2	11О	Антифрикционные детали, арматура
ЛЦ3ОА3	П	294 (3О)	12	8О	Для изготовления коррозионно-стойких деталей, применяемых в судостроении и машиностроении
	К	392 (4О)	15	9О	
ЛЦ25С2	П	146 (15)	8	6О	Для изготовления штуцеров гидросистем автомобилей
ЛЦ23А6Ж3Мц2	П	686 (7О)	7	16О	Для изготовления ответственных деталей, работающих при высоких удельных и знакопеременных нагрузках, при изгибе, а также антифрикционных деталей (нажимные винты, гайки нажимных винтов прокатных станов, венцы червячных колес, втулки и др. детали)
	К, П	7О5 (72)	7	165	
ЛЦ16К4	П	294 (3О)	15	1ОО	Для изготовления сложных по конфигурации деталей приборов и арматуры, работающих при температуре до 25О °С и подвергающихся гидровоздушным испытаниям; деталей, работающих в среде морской воды, при условии обеспечения протекторной защиты (шестерни, детали узлов трения и др.)
	К	343 (35)	15	11О	
ЛЦ14К3С3	К	294 (3О)	15	1ОО	Для изготовления подшипников, втулок
	П	245 (25)	7	9О	

Примечание. Условные обозначения способов литья:
П — литье в песчаную литейную форму;
К — кокильное литье;
Д — литье под давлением;
Ц —центробежное литье.

6.4. МАРКИ, ХИМИ ЕСКИЎ СОСТАВ, МЕХАНИ ЕСКИЕ СВОЎСТВА И ОБЛАСТЬ МРИМЕНЕНИЯ БРОНЗ

Бронзы являются широко распространенным конструкционным материалом в различных отраслях промышленности, в том числе в химическом аппаратно- и машиностроении. Все марки бронз подразделяются на следующие группы:

1) бронзы оловянные литейные ГОСТ 613;
2) бронзы безоловянные литейные (ГОСТ 493);
3) бронзы оловянные обрабатываемые давлением (ГОСТ 5О17);
4) бронзы безоловянные обрабатываемые давлением (ГОСТ 18175).

В табл. 6.5О приведены марки и химический состав бронз оловянных литейных, а механические свойства и области применения приведены в табл. 6.51.

Таблица 6.5О

Марки и химический состав бронз оловянных литейных (ГОСТ 613)

Марка	Химический состав, %													
	Основные компоненты						Примеси, не более							
	Олово	Цинк	Свинец	Фосфор	Никель	Медь	Цинк	Свинец	Алюминий	Железо	Кремний	Фосфор	Сурьма	Всего
БрО3Ц12С5	2,О–3,5	8,О–15,О	3,О–6,О	–	–	Ост.	–	–	О,О2	О,4	О,О2	О,О5	О,5	1,3
БрО3Ц7С5Н1	2,5–4,О	6,О–9,5	3,О–6,О	–	О,5–2,О	Ост.	–	–	О,О2	О,4	О,О2	О,О5	О,5	1,3
БрО4Ц7С5	3,О–5,О	6,О–9,О	4,О–7,О	–	–	Ост.	–	–	О,О5	О,4	О,О5	О,1	О,5	1,3
БрО4Ц4С17	3,5–5,5	2,О–6,О	14,О–2О,О	–	–	Ост.	–	–	О,О5	О,4	О,О5	О,1	О,5	1,3
БрО5Ц5С5	4,О–6,О	4,О–6,О	4,О–6,О	–	–	Ост.	–	–	О,О5	О,4	О,О5	О,1	О,5	1,3
БрО5С25	4,О–6,О	–	23,О–26,О	–	–	Ост.	О,5	–	О,О2	О,2	О,О2	О,О5	О,5	1,2
БрО6Ц6С3	5,О–7,О	5,О–7,О	2,О–4,О	–	–	Ост.	–	–	О,О5	О,4	О,О2	О,О5	О,5	1,3
БрО8Ц4	7,О–9,О	4,О–6,О	–	–	–	Ост.	–	О,5	О,О2	О,3	О,О2	О,О5	О,3	1,О
БрО1ОФ1	9,О–11,О	–	–	О,4–1,1	–	Ост.	О,3	О,3	О,О2	О,2	О,О2	–	О,3	1,О
БрО1ОЦ2	9,О–11,О	1,О–3,О	–	–	–	Ост.	–	О,5	О,О2	О,3	О,О2	О,О5	О,3	1,О
БрО1ОС1О	9,О–11,О	–	8,О–11,О	–	–	Ост.	О,5	–	О,О2	О,2	О,О2	О,О5	О,3	О,9

Приме чания:

1. В бронзах марок БрО3Ц7С5Н1, БрО3Ц12С5, БрО8Ц4 и БрО1ОЦ2 сумма примесей кремния и алюминия не должна превышать О,О2%.

В бронзах, не предназначенных для отливки деталей, работающих под гидравлическим давлением, по согласованию изготовителя с потребителем допускается массовая доля алюминия до О,О5% и кремния — до О,О5%.

2. Допускаются примеси мышьяка до О,15%, магния — до О,О2%, серы — до О,О5% в пределах общей суммы примесей.

3. Массовая доля никеля во всех марках, кроме БрО3Ц7С5Н1, допускается до 2,О% за счет меди и в общую сумму примесей не входит.

4. Массовая доля свинца в бронзах марок БрО1ОЦ2 и БрО8Ц4 по согласованию изготовителя с потребителем допускается до 1,5% и в общую сумму примесей не входит.

5. В отливках из бронз марок БрО1ОЦ2 и БрО8Ц4, предназначенных для сварных конструкций, массовая доля свинца должна быть не более О,О5%.

6. По согласованию изготовителя с потребителем в марке БрО1ОС1О допускается массовая доля фосфора до 1,О%.

7. Примеси, не регламентируемые настоящим стандартом, входят в общую сумму примесей.

Таблица 6.51

Механические свойства и области применения оловянных литейных бронз.

Марка	Способ литья	Временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм²)	Относительное удлинение после разрыва δ_5, %	Твердость по Бринеллю НВ, МПа (кгс/мм²)	Применяемость
		Не менее			
БрО3Ц12С5	к	2О6 (21)	5	588 (6О)	Арматура общего назначения
	п	176,2 (18)	8	588 (6О)	
БрО3Ц7С5Н1	к	2О6 (21)	5	588 (6О)	Детали, работающие в масле, паре и в пресной воде
	п	176,2 (18)	8	588 (6О)	
БрО4Ц7С5	к	176,2 (18)	4	588 (6О)	Арматура, антифрикционные детали
	п	147 (15)	6	588 (6О)	
БрО4Ц4С17	к	147 (15)	12	588 (6О)	Антифрикционные детали
	п	147 (15)	5	588 (6О)	
БрО5Ц5С5	к	176,2 (18)	4	588 (6О)	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников
	п	147 (15)	6	588 (6О)	
БрО5С25	к	137,2 (14)	6	588 (6О)	Биметаллические подшипники скольжения
	п	147 (15)	5	441 (45)	
БрО6Ц6С3	к	176,2 (18)	4	588 (6О)	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников
	п	147 (15)	6	588 (6О)	
БрО8Ц4	к	196 (2О)	1О	735 (75)	Арматура, фасонные части трубопровода, насосы, работающие в морской воде
	п	196 (2О)	1О	735 (75)	
БрО1ОФ1	к	245 (25)	3	882 (9О)	Узлы трения арматуры, высоконагруженные детали шнековых приводов, нажимные и шпиндельные гайки, венцы червячных шестерен
	п	215,5 (22)	3	784 (8О)	
БрО1ОЦ2	к	225,5 (23)	1О	735 (75)	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников, детали трения и облицовки гребных валов
	п	215,5 (22)	1О	637 (65)	
БрО1ОС1О	к	196 (2О)	6	735 (78)	Подшипники скольжения, работающие в условиях высоких удельных давлений
	п	176,2 (18)	7	637 (65)	

Примечание. Условное обозначение способа литья: к - литье в кокиль; п - литье в песчаную форму.

Марки и химический состав безоловянных литейных бронзприведены в табл. 6.52, а их механические свойства и рекомендуемые области применения – в табл. 6.53

Таблица 6.52

Марки и химический состав безоловянных литейных бронз

Марка сплава	Химический состав, %																				
	Основной компонент									Примеси, не более											
	Алюминий	Железо	Марганец	Никель	Свинец	Фосфор	Цинк	Сурьма	Медь	Мышьяк	Сурьма	Олово	Кремний	Алюминий	Никель	Свинец	Фосфор	Желе–зо	Цинк	Марганец	Всего
БрА9Мц2Л	8,0–9,5	–	1,5–2,5	–	–	–	–	–	Ост.	0,05	0,05	0,2	0,2	–	1,0	0,1	0,1	1,0	1,5	–	2,8
БрА10Мц2Л	9,6–11,0	–	1,5–2,5	–	–	–	–	–	Ост.	0,05	0,05	0,2	0,2	–	1,0	0,1	0,1	1,0	1,5	–	2,8
БрА9Ж3Л	8,0–10,5	2,0–4,0	–	–	–	–	–	–	Ост.	0,05	0,05	0,2	0,2	–	1,0	0,1	0,1	–	1,0	0,5	2,7
БрА10Ж3Мц2	9,0–11,0	2,0–4,0	1,0–3,0	–	–	–	–	–	Ост.	0,01	0,05	0,1	0,1	–	0,5	0,3	0,01	–	0,5	–	1,0
БрА10Ж4Н4Л	9,5–11,0	3,5–5,5	–	3,5–5,5	–	–	–	–	Ост.	0,05	0,05	0,2	0,2	–	–	0,05	0,1	–	0,5	0,5	1,5
БрА11Ж6Н6	10,5–11,5	5,0–6,5	–	5,0–6,5	–	–	–	–	Ост.	0,05	0,05	0,2	0,2	–	–	0,05	0,1	–	0,6	0,5	1,5
БрА9Ж4Н4Мц1	8,8–10,0	4,0–5,0	0,5–1,2	4,0–5,0	–	–	–	–	Ост.	0,05	0,05	0,2	0,2	–	–	0,05	0,03	–	1,0	–	1,2
БрС30	–	–	–	–	27,0–31,0	–	–	–	Ост.	0,1	0,3	0,1	0,02	–	0,5	–	0,1	0,25	0,1	–	0,9
БрА7Мц15Ж3Н2Ц2	6,6–7,5	2,5–3,5	14,0–15,5	1,5–2,5	–	–	1,5–2,5	–	Ост.	0,05	0,05	0,1	0,1	–	–	0,05	0,02	–	–	Угле-род 0,05	0,5
БрСу3Н3Ц3С20Ф	–	–	–	3,0–4,0	18,0–22,0	0,15–0,30	3,0–4,0	3,0–4,0	Ост.	0,1	Висмут 0,025	0,5	0,02	0,02	–	–	–	0,3	–	–	0,9

Приме чания.

1. Примеси, которые не регламентируются настоящим стандартом, входят в общую сумму примесей.
2. По требованию потребителя в бронзе марки БрСу3Н3Ц3С20Ф допускается массовая доля сурьмы 3,4–4,5%, никеля 4,5–6,0% и фосфора 0,25–0,4%.
3. Механические свойства термически не обработанных бронз и их применяемость приведены в приложении 1.
4. Химический состав бронз определяют по ГОСТ 1502 7.1–77–ГОСТ 1502 7.14–77.
5. Временное сопротивление и относительное удлинение после разрыва определяют в соответствии с нормативно–технической документацией.
6. Испытание на растяжение проводят в соответствии с ГОСТ 1497–84.
7. Твердость по Бринеллю определяют в соответствии с ГОСТ 9012–59.
8. Соответствие марок безоловянных бронз настоящего стандарта и ГОСТ 493–54 приведено в приложении 2.

Таблица 6.53

Механические свойства без термической обработки и применяемость безоловянных литейных бронз

Марка	Способ литья	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа(кгс/мм^2)	Относительное удлинение после разрыва δ_5, %	Твердость по Бринеллю НВ, МПа (кгс/мм^2)	Применяемость
		Не менее			
БрА9Мц2Л	к	392 (4О)	2О	784 (8О)	Антифрикционные детали, детали арматуры, работающие в пресной воде, жидком топливе и в паре при температуре до 25О °С
	п	392 (4О)	2О	784 (8О)	
БрА1ОМц2Л	к	49О (5О)	12	1О78 (11О)	
	п	49О (5О)	12	1О78 (11О)	
БрА9Ж3Л	к	49О (5О)	12	98О (1ОО)	Арматура, антифрикционные детали
	п	392 (4О)	1О	98О (1ОО)	
БрА1ОЖ3Мц2	к	49О (5О)	12	1176 (12О)	
	п	392 (4О)	1О	98О (1ОО)	
БрА1ОЖ4Н4Л	к	587 (6О)	6	1666 (17О)	Детали химической и пищевой промышленности, а также детали, работающие при повышенных температурах
	п	587 (6О)	5	1568 (16О)	
БрА11Ж6Н6	к	587 (6О)	2	245О (25О)	Арматура, антифрикционные детали
	п	587 (6О)	2	245О (25О)	
БрА9Ж4Н4Мц1	к	587 (6О)	12	1568 (16О)	Арматура для морской воды
	п	587 (6О)	12	1568 (16О)	
БрС3О	к	58,7 (6)	4	245 (25)	Антифрикционные детали
БрСу3Н3Ц3С2ОФ	к	157 (16)	2	637 (65)	Антифрикционные детали
БрА7Мц15Ж3Н2Ц2	п	6О7 (62)	18	–	

Приме чания:

1. Условное обозначение способа литья:

к — литье в кокиль; п — литье в песчаную форму.

2. В марке БрА9Ж3Л при литье в кокиль допускается относительное удлинение не менее 6%, если твердость НВ превышает 1568 МПа (16О кгс/см^2).

В табл. 6.54 приведены марки, химический состав и области применения оловянных бронз, обрабатываемых давлением.

В табл. 6.55 и 6.56 приведены марки, химический состав безоловянных бронз, обрабатываемых давлением, в табл. 6.57 приведены характерные свойства и примерное назначение безоловянных бронз, обрабатываемых давлением, а в табл. 6.58 — виды сортамента, изготовляемого из тех или иных марок бронз.

Таблица 6.54

Марки, химический состав и области применения оловянных бронз, обрабатываемых давлением

Марка	Предел	Массовая доля, %												Примерное назначение
		Элемент											Сумма прочих элементов	
		Cu медь	Al алюминий	Bi висмут	Fe железо	Ii никель	P фосфор	Pb свинец	Sb сурьма	Si кремний	SИ олово	ZИ цинк		
БрОФ8-0,3	Мин.	Ост.	–	–	–	–	0,26	–	–	–	7,5	–	–	Проволока, применяемая в целлюлозно-бумажной промышленности для изготовления сеток
	Макс.	–	0,002	0,002	0,02	0,2	0,35	0,02	0,002	0,002	8,5	0,3	0,1	
БрОФ7-0,2	Мин.	Ост.	–	–	–	–	0,10	–	–	–	7,0	–	–	Прутки, применяемые в различных отраслях промышленности
	Макс.	–	0,002	0,002	0,05	0,2	0,25	0,02	0,002	0,005	8,0	0,3	0,1	
БрОФ6,5-0,4	Мин.	Ост.	–	–	–	–	0,26	–	–	–	6,0	–	–	Проволока, применяемая в целлюлозно-бумажной промышленности для изготовления сеток, а также для пружин, деталей, лент и полос, применяемых в машиностроении
	Макс.	–	0,002	0,002	0,02	0,2	0,40	0,02	0,002	0,005	7,0	0,3	0,1	
БрОФ6,5-0,15	Мин.	Ост.	–	–	–	–	0,10	–	–	–	6,0	–	–	Ленты, полосы, прутки, применяемые в машиностроении; подшипниковые детали, трубы-заготовки для изготовления биметаллических сталебронзовых втулок
	Макс.	–	0,002	0,002	0,05	0,2	0,25	0,02	0,002	0,002	7,0	0,3	0,1	
БрОФ4-0,25	Мин.	Ост.	–	–	–	–	0,2	–	–	–	3,5	–	–	Трубки, применяемые в аппаратостроении и для контрольно- измерительных приборов
	Макс.	–	0,002	0,002	0,02	0,2	0,3	0,02	0,002	0,002	4,0	0,3	0,1	
БрОФ2-0,25	Мин.	Ост.	–	–	–	–	0,02	–	–	–	1,0	–	–	Винты, ленты для гибких шлангов, токопроводящие детали, присадочный материал для сварки
	Макс.	–	–	–	0,05	0,2	0,30	0,03	–	–	2,5	0,3	0,3	
БрОЦ4-3	Мин.	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	3,5	2,7	–	Ленты, полосы, прутки, применяемые в электротехнике, машиностроении; проволока для пружин и аппаратуры химической промышленности
	Макс.	–	0,002	0,002	0,05	0,3	0,03	0,02	0,002	0,005	4,0	3,3	0,2	

Продолжение табл. 6.54

Марка	Предел	Массовая доля, %												Примерное назначение
		Элемент											Сумма прочих элементов	
		Cu медь	Al алюминий	Bi висмут	Fe железо	Ии никель	P фосфор	Pb свинец	Sb сурьма	Si кремний	SИ олово	ZИ цинк		
БрО-ЦС4-4-2,5	Мин.	Ост.	–	–	–	–	–	1,5	–	–	3,0	3,0	–	Ленты и полосы, применяемые для прокладок во втулках и подшипниках
	Макс.	–	0,002	0,002	0,05	0,3	0,03	3,5	0,002	–	5,0	5,0	0,2	
БрОЦС4-4-4	Мин.	Ост.	–	–	–	–	–	3,5	–	–	3,0	3,0	–	Ленты и полосы, применяемые для прокладок во втулках и подшипниках
	Макс.	–	0,002	0,002	0,05	0,3	0,03	4,5	0,002	–	5,0	5,0	0,2	

Примечания. 1. В бронзе марки БрОФ6,5-0,15 допускается массовая доля олова до 7,5%. 2. В бронзе марки БрОЦ4-3 допускается массовая доля титана не более 0,12% за счет массовой доли меди, которая не учитывается в общей сумме прочих элементов. 3. В сплавах, применяемых для изготовления изделий с антимагнитными свойствами, допускается массовая доля железа не более 0,02%. К обозначению марок добавляется буква А. 4. Массовые доли примесей серы и магния допускаются не более 0,007% каждой. 5. Знак «–», проставленный одновременно для верхнего и нижнего пределов массовой доли элемента, обозначает, что данный элемент не нормируется и определяется только по требованию потребителя и в этом случае содержание данной примеси включается в общую сумму прочих элементов. 6. Примесью следует считать элемент, у которого указан только максимальный предел его содержания. 7. Примеси, не указанные в настоящей таблице, учитываются в общей сумме прочих элементов.

Таблица 6.55

Марки, химический состав безоловянных бронз, обрабатываемых давлением

Обозначение марки		Химический состав, %							
		Массовая доля основных компонентов							
по настоящему стандарту	по стандарту СЭВ 377–76	Алюминий	Бериллий	Железо	Марганец	Никель	Кремний	Титан	Кадмий
БрА5	CuA15	4,0–6,0	–	–	–	–	–	–	–
БрА7	CuA18	6,0–8,0	–	–	–	–	–	–	–
БрАМц9–2	CuA19МИ2	8,0–10,0	–	–	1,5–2,5	–	–	–	–
БрАМц10–2	–	9,0–11,0	–	–	1,5–2,5	–	–	–	–
БрАЖ9–4	CuA19Fe3	8,0–10,0	–	2,0–4,0	–	–	–	–	–
БрАЖМц10–3–1,5	CuA11OFe3МИ1	9,0–11,0	–	2,0–4,0	1,0–2,0	–	–	–	–
БрАЖН10–4–4	CuA11OFe4Ии4	9,5–11,0	–	3,5–5,5	–	3,5–5,5	–	–	–
БрБ2	CuBe2Ии(Co)	–	1,8–2,1	–	–	0,2–0,5	–	–	–
БрБНТ1,9	CuBe2ИиTi	–	1,85–2,10	–	–	0,2–0,4	–	0,10–0,25	–
БрБНТ1,9Мг	–	–	1,85–2,10	–	–	0,2–0,4	–	0,10–0,25	–
БрКМц3–1	CuSi3МИ1	–	–	–	1,0–1,5	–	2,7–3,5	–	–
БрКН1–3	–	–	–	–	0,1–0,4	2,4–3,4	0,6–1,1	–	–
БрМц5	–	–	–	–	4,5–5,5	–	–	–	–
БрАЖНМц9–4–4–1	–	8,8–10,0	–	4,0–5,0	0,5–1,2	4,0–5,0	–	–	–
БрМг0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Обозначение марки		Химический состав, %											
по настоящему стандарту	по стандарту СЭВ 377–76	Массовая доля основных компонентов		Массовая доля примесей, не более									
		Магний	Медь	Олово	Кремний	Алюминий	Никель	Свинец	Фосфор	Железо	Цинк	Марганец	Всего
БрА5	CuA15	–	Осталь–ное	0,1	0,1	–	–	0,03	0,01	0,5	0,3	0,5	1,1
БрА7	CuA18	–	«	0,1	0,1	–	–	0,03	0,01	0,5	0,5	0,5	1,1
БрАМц9-2	CuA19МИ2	–	«	0,1	0,1	–	–	0,03	0,01	0,5	1,0	–	1,5
БрАМц10-2	–	–	«	0,1	0,1	–	–	0,03	0,01	0,5	1,0	–	1,7
БрАЖ9-4	CuA19Fe3	–	«	0,1	0,1	–	–	0,01	0,01	–	1,0	0,5	1,7
БрАЖМц10-3-1,5	CuA110Fe3МИ1	–	«	0,1	0,1	–	–	0,03	0,01	–	0,5	–	0,7
БрАЖН10-4-4	CuA110Fe4Иі4	–	«	0,1	0,1	–	–	0,02	0,01	–	0,3	0,3	0,6
БрБ2	CuBe2Иі (Co)	–	«	–	0,15	0,15	–	0,005	–	0,15	–	–	0,5
БрБНТ1,9	CuBe2ИіTi	–	«	–	0,15	0,15	–	0,005	–	0,15	–	–	0,5
БрБНТ1,9Мг	–	0,07– 0,13	«	–	0,15	0,15	–	0,005	–	0,15	–	–	0,5
БрКМц3-1	CuSi3МИ1	–	«	0,25	–	–	0,2	0,03	–	0,3	0,5	–	1,0
БрКН1-3	–	–	«	0,1	–	0,02	–	0,15	–	0,1	0,1	–	0,4
БрМц5	–	–	«	0,1	0,1	–	–	0,03	0,01	0,35	0,4	–	0,9
БрАЖНМц9-4-4-1	–	–	«	0,1	0,1	–	–	0,02	0,01	–	0,5	–	0,7
БрМг0,3	–	0,2–0,5	«	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2

Приме чания:

1. В бронзе марки БрА5, применяемой для производства конденсаторных труб, допускается массовая доля мышьяка до 0,4%.
2. В бронзе марки БрАЖН10-4-4 массовая доля алюминия допускается до 11,5%, при этом массовая доля железа и никеля должна быть не менее 4% каждого.
3. В бронзе марки БрКМц3-1 по согласованию изготовителя с потребителем допускается до 2% железа без учета его в общей сумме примесей.
4. По согласованию изготовителя с потребителем может нормироваться:
   а) содержание примесей мышьяка и сурьмы в бронзах марок БрА5, БрА7, БрАМц9-2, БрАМц10-2, БрАЖ9-4, БрАЖМц10-3-1,5, БрАЖН10-4-4, БрАЖНМц9-4-4-1;
   б) содержание примесей мышьяка, сурьмы и фосфора в бронзах марок БрКМц3-1 и БрКН1-3.
5. В бронзах марок БрА5, БрА7, БрАМц9-2, БрАМц10-2, БрАЖ-9-4, БрАЖМц10-3-1,5, БрМц5 массовая доля никеля допускается до 0,5% без учета его в общей сумме примесей.

Таблица 6.56

Продолжение таблицы 6.55

Марки, химический состав безоловянных бронз, обрабатываемых давлением

Обозначение марки		Химический состав, %														
		Компоненты														Примеси, не более
по настоящему стандарту	по стандарту СЭВ 731-77	Алюминий	Бериллий	Железо	Марганец	Никель	Кремний	Титан	Кадмий	Магний	Серебро	Хром	Фосфор	Теллур	Медь	Всего
БрСрО,1	CuAgO,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,08– 0,12	–	–	–	Остальное	0,1
БрХ1	CuCr1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4–1,2	–	–	"	0,3
–	CuFeP	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,004– 0,012	0,3– 0,8	"	0,2
БрКд1	CuCd1	–	–	–	–	–	–	–	0,9–1,2	–	–	–	–	–	"	0,3

Приме чания:

1. Массовая доля кислорода в бронзе БрСрО,1 не должна превышать 0,06%.
2. В сплаве марки CuCr1 допускаются за счет меди дополнительные легирующие компоненты, сумма которых не должна превышать 0,3%.
3. Примеси, не определяемые и не указанные в таблице, учитывают в общей сумме примесей.

Таблица 6.57

Характерные свойства и примерное назначение безоловянных бронз, обрабатываемых давлением

Тип бронзы	Марка	Характерное свойство	Назначение
Алюминиевые бронзы	БрА5 (CuA15)	Деформируется в холодном и горячем состояниях, коррозионно-стойкая, жаропрочная, стойкая к истиранию	Монеты, детали, работающие в морской воде, детали для химического машиностроения
	БрА7 (CuA18)	Деформируется в холодном состоянии, жаропрочная и стойкая к истиранию, коррозионно-стойкая, в части*, к серной и уксусной кислотам	Детали для химического машиностроения, скользящие контакты
	БрАЖМц10-3-1,5 (CuA10Fe3MИ1) БрАЖН10-4-4 (CuA10Fe4Ии4) БрАЖНМц9-4-4-1	Плохо деформируется в холодном состоянии, деформируется в горячем состоянии, высокая прочность при повышенных температурах, коррозионно-стойкая, высокая эрозионная и кавитационная стойкости	Трубные доски конденсаторов, детали для химической аппаратуры
	БрАМц9-2 (CuA19MИ2)	Высокое сопротивление при знакопеременной нагрузке	Трубные доски конденсаторов, износостойкие детали, винты, валы, детали для гидравлических установок
	БрАМц10-2	Высокое сопротивление при знакопеременной нагрузке	Заготовки, фасонное литье в судостроении
	БрАЖ9-4 (CuA19Fe4)	Высокие механические свойства, хорошие антифрикционные свойства, коррозионно-стойкая	Шестерни, втулки, седла клапанов в авиапромышленности, в машиностроении для отливок массивных деталей в землю
Бериллиевые бронзы	БрБ2 (CuBe2Ии(Co) БрБНТ1,9 (CuBe2ИиTi) БрБНТ1,9Мг	Высокая прочность и износостойкость, высокие пружинные свойства, хорошие антифрикционные свойства, средняя электропроводность и теплопроводность, очень хорошая деформируемость в закаленном состоянии	Пружины, пружинящие детали ответственного назначения, износостойкие детали всех видов, неискрящие инструменты

Тип бронзы	Марка	Характерное свойство	Назначение
Кремниевые бронзы	БрКМц3-1 (CuSi3МИ1)	Коррозионно-стойкая, пригодна для сварки, жаропрочная, высокое сопротивление сжатию	Детали всех видов для химических аппаратов, пружины и пружинящие детали, детали для судостроения, а также сварных конструкций
	БрКН1-3	Высокие механические и технологические свойства, коррозионно-стойкая, хорошие антифрикционные свойства	Ответственные детали в моторостроении, направляющие втулки
Марганцевые бронзы	БрМц5	Высокие механические свойства, хорошая деформируемость в горячем и холодном состояниях, коррозионно-стойкая, повышенная жаропрочность	Детали и изделия, работающие при повышенных температурах
Кадмиевые и магниевые бронзы	БрКд1 (CuCd1) БрМгО,3	Высокие электропроводность и жаропрочность	Коллекторы электродвигателей, детали машин контактной сварки и другие детали
Серебряная бронза	БрСрО,1 (CuAgO,1)	–	Коммутаторы, коллекторные кольца, обмотки роторов турбогенераторов
Хромовая бронза	БрХ1 (CuCr1)	–	Электроды для сварки, электродетали, оборудование сварочных машин
Теллуровая бронза	(CuFeP)	–	Детали, обрабатываемые на автоматах, элементы телетехнических, радиотехнических, электрических и электронных устройств

Таблица 6.58

Виды сортамента

Марка	Листы	Полосы	Ленты	Прутки	Профили	Трубы	Проволока	Поковки
БрА5	x	x	x	x		x	x	
БрА7	x	x	x	x		x	x	x
БрАМц9-2		x	x	x			x	x
БрАМц1О-2								x
БрАЖ9-4				x		x		x
БрАЖМц1О-3-1,5				x		x	x	x
БрАЖН1О-4-4				x		x		x
БрБ2		x	x	x		x	x	
БрБНТ1,9		x	x	x		x	x	
БрБНТ1,9Мг			x					
БрКМц3-1	x	x	x	x			x	
БрКН1-3				x	x			x
БрМц5								x
БрАЖНМц9-4-4-1				x				x
БрКд1					x			
БрМгО,3					x			

Приме чание . Знак «x» означает применение марки для изготовления указанных видов сортамента.

Как видно из табл. 6.58 даже для безоловянных бронз характерно получение обширного круга сортамента различного назначения. Ниже будет приведен сортамент из различных марок бронзы, который наиболее широко используется в химическом аппарато- и машиностроении.

6.4.1. Сортамент изделий из бронзы

В табл. 6.59 приведена толщина лент и предельные отклонения по толщине из бериллиевой бронзы, в табл.. 6.6О — толщина полос из безоловянных бронз, длина лент указана в табл. 6.62, механические свойства полос и лент — в табл. 6.63.

Таблица 6.59

Толщина лент и предельные отклонения по толщине (мм) (ГОСТ 1789)

Номинальная толщина лент, мм	Предельное отклонение по толщине лент, мм		
	Нормальной точности	Повышенной точности	Высокой точности
От О,О2 до О,1О	–	О–О,О1	–
От О,1О до О,14 включ.	О–О,О2	О–О,О15	
Св. О,14 до О,3О включ.	О–О,О3	О–О,О2	
Св. О,3О до О,45 включ.	О–О,О4	О–О,О3	
Св. О,45 до О,55 включ.	О–О,О5	О–О,О4	О–О,О3
Св. О,55 до О,7О включ.	О–О,О6	О–О,О5	
Св. О,7О до 1,ОО включ.	О–О,О6	О–О,О5	О–О,О4
Св. 1,ОО до 1,2О включ.	О–О,О7	О–О,О5	–
Св. 1,2О до 1,3О включ.	О–О,О7	О–О,О6	
Св. 1,3О до 1,4О включ.	О–О,О9	О–О,О6	
Св.1,4О до 1,5О включ.	О–О,О9	О–О,О8	О–О,О7

Толщина полос и предельные отклонения по толщине должны соответствовать указанным в табл. 6.6О

Таблица 6.6О

Толщина полос и предельные отклонения (ГОСТ 1789)

Толщина полос, мм	Предельное отклонение по толщине полос, мм		
	Нормальной точности	Повышенной точности	Высокой точности
О,15О,16О,18О,2ОО,22О,23	–О,О3	–О,О2	–
О,25	–О,О4		
О,28О,3О	–О,О4	–О,О3	
О,32		–О,О4	
О,4ОО,45О,5О	–О,О5		
О,55О,6ОО,65	–О,О6	–	
О,7ОО,75О,8ОО,85	–О,О7		
О,9О1,ОО	–О,О8		
1,1О1,2О	–О,О9		
1,3О1,4О1,5О	–О,1О		
1,6О1,7О	–О,1О	–О,О9	–О,О7
1,8О1,9О2,ОО			–О,О8
2,2О2,5О	–О,12	–О,11	
2,8О3,ОО			–О,1О
3,2О3,5О	–О,13	–О,12	
4,ОО	–О,18	–О,16	–О,14
4,5О5,ОО	–О,2О	–О,19	–О,18
5,5О	–О,24	–О,22	
6,ОО	–О,25	–О,24	

Ширина полос и предельные отклонения по ширине в зависимости от толщины должны соответствовать требованиям,

указанным в табл. 6.61.

Таблица 6.61

Ширина полос и предельные отклонения по ширине

Ширина, мм	Предельное отклонение по ширине при толщине полос, мм					
	до 1,5		св. 1,5 до 3,0		св. 3,0 до 5,0	св. 5,0 до 6,0
	Нормальной точности	Повышенной точности	Нормальной точности	Повышенной точности		
40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100	–1,0	–0,30	–2,0	–0,50	–	–
110, 120, 130, 140, 150, 160, 170					–2,0	–5,0
180, 190, 200, 250, 270, 280, 290, 300	–2,0	–0,60	–3,0	–0,80	–3,0	–6,0

Длина полос и предельные отклонения в зависимости от состояния материала и толщины должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 6.62.

Таблица 6.62

Длина полос и предельные отклонения в зависимости от состояния материала и его толщины

Состояние материала	Толщина полосы, мм	Длина полосы, мм	Предельные отклонения по длине полосы, мм
Мягкое (закаленное)	0,15–6,0	200–500	+5
Твердое (деформированное после закалки на 30–40%)	0,15–1,50 1,60–6,0	200–600 500–1500	+5 +10

Полосы изготовляют мерной, кратной мерной и немерной длины.

Таблица 6.63

Механические свойства полос и лент (ГОСТ 1789)

Марка бронзы	Состояние материала	Толщина полос и лент, мм	Временное сопротивление разрыву, R_m, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение A_{10}, % не менее	Твердость по Виккерсу HV
БрБ2	Мягкое (после закалки)	Менее 0,15	–	–	Не более 130
		От 0,15 до 0,25 Более 0,25	390–590 (40–60)	20 30	
БрБНТ1,9		Менее 0,15	–	–	Не более 120
		От 0,15 до 0,25 Более 0,25	390–590 (40–60)	20 30	
БрБ2	Твердое (деформированное после закалки на 30–40%)	Менее 0,15 От 0,15 до 0,25 Более 0,25	– 590–880 (60–90) 640–930 (65–95)	– – 2,5	Не менее 170
БрБНТ1,9		Менее 0,15 От 0,15 до 0,25 Более 0,25	– 590– 880 (60–90) 640–930 (65–95)	– – 2,5	Не менее 160

Примечание. Твердость полос и лент толщиной от 0,10 до 0,25 мм включительно проверяют на приборе ПМТ-3 при нагрузке 0,2 кгс, толщиной 0,05–0,09 мм — при нагрузке 0,1 кгс, толщиной менее 0,05 мм — при нагрузке 0,02 кгс. Показатель твердости должен соответствовать значениям, измеряемым алмазной пирамидой (по Виккерсу).

Ширина ленты нормальной и повышенной точности с соответствующими отклонениями приведены в табл.

6.64.

Таблица 6.64

Ширина ленты нормальной и повышенной точности (ГОСТ 1789)

Ширина, мм	Предельные отклонения по ширине при толщине ленты, мм		
	До 1,0 включ.	1,1–1,5	До 1,5 включ.
	Нормальной точности		Повышенной точности
10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 45, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100	–0,5	–0,8	–0,3
110, 120, 130, 140, 150, 160, 170			–0,4
180, 190, 200, 250, 260, 270, 280, 300	–0,8	–1,0	–0,6

Примечание. Ленты толщиной до 0,45 мм включительно изготовляют шириной от 10 до 280 мм, толщиной 0,50 мм и более — шириной от 20 до 300 мм.

Ленты изготовляют длиной не менее 5 м. Допускается изготовлять ленты длиной менее 5 м, но не менее 1 м, не более 10% массы партии.

Условные обозначения лент и полос проставляют по схеме:

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления — холоднодеформированная (тянутая) — Д
форма сечения — прямоугольная — ПР;
точность изготовления
нормальная точность по толщине: — нормальная точность по ширине — Н;
— повышенная точность по ширине — К;
повышенная точность по толщине: — нормальная точность по ширине — И;
— повышенная точность по ширине — П;
высокая точность по толщине: — нормальная точность по ширине — И;
— повышенная точность по ширине — В;
состояние — мягкое (закаленное) — М;
— твердое (деформированное после закалки на 30—40% — Т)
длина — мерная — МД;
— кратная мерной — КД
— немерная — НД;

Вместо отсутствующего показателя ставится знак Х (кроме обозначения длины).

Примеры условных обозначений труб:

Полоса холоднодеформированная, прямоугольного сечения, нормальной точности изготовления по толщине, повышенной точности по ширине, мягкая (закаленная), толщиной О,3О мм, шириной 8О мм, кратной длины из бериллиевой бронзы марки БрБ2:

Молоса ДМРКМ 0,30×80 КД БрБ2 ГОСТ 1789-2О13.

Лента холоднодеформированная, прямоугольного сечения, высокой точности изготовления по толщине, повышенной точности по ширине, твердая (деформированная после закалки на 3О—4О%), толщиной О,55 мм, шириной 15О мм, немерной длины из бериллиевой бронзы марки БрБНТ1,9:

Лента ДМРВТ 0,55×150 НД БрБНТ1,9 ГОСТ 1789-2О13.

Полосы и ленты из оловянно-ôосôористой и оловянно-цинковой бронзы (ГОСТ 1761)

Полосы и ленты изготавливают в соответствии с требованиями настоящего стандарта по технологическому регламенту, утверждённому в установленном порядке.

Холоднокатаные полосы и ленты изготавливают из оловянно-фосфористой бронзы марки БрОФ6,5-О,15 и оловянно-цинковой бронзы марки БрОЦ4-3 с химическим составом по ГОСТ 5О17.

Толщина полос и предельные отклонения по толщине должны соответствовать приведённым в табл. 6.65.

Таблица 6.65

Толщина полос и предельные отклонения по толщине

Номинальная толщина полос, мм	Предельное отклонение по толщине, мм
От 1,ОО до 1,2О включ.	О –О,О8
Св. 1,2О до 1,5О включ.	О –О,1О
Св. 1,5О до 2,ОО включ.	О –О,11
Св. 2,ОО до 2,5О включ.	О –О,12
Св. 2,5О до 3,ОО включ.	О –О,14
Св. 3,ОО до 4,ОО включ.	О –О,18
Св. 4,ОО до 5,ОО включ.	О –О,2О
Св. 5,ОО до 8,ОО включ.	О –О,25
Св. 8,ОО до 1О,ОО включ.	О –О,3О

Примечание. По требованию потребителя полосы толщиной 1,ОО и 1,2О мм изготовляют с предельными отклонениями по толщине минус О,О7 мм, толщиной 1,5О мм — минус О,О8 мм, толщиной 1О,ОО мм — минус О,25 мм.

Ширина полос и предельные отклонения по ширине должны соответствовать указанным в табл. 6.66.

Таблица 6.66

Ширина полос и предельные отклонения по ширине

Ширина полос, мм	Предельное отклонение по ширине при толщине, мм			
	От 1,ОО до 1,5О включ.	Св. 1,5О до 4,ОО включ.	Св. 4,ОО до 6,ОО включ.	Св. 6,ОО до 1О,ОО включ.
От 4О до 16О включ.	+1,О О	+2,О О	+3,О О	+5,О О
Св. 16О до 3ОО включ.	+2,О О	+3,О О	+4,О О	+7,О О

Примечания.

1. Полосы из бронзы марки БрОЦ4–3 толщиной 4,ОО мм и более изготовляют шириной от 1ОО до 3ОО мм.
2. По требованию потребителя полосы толщиной от 1,ОО до 1,5О мм, шириной от 4О до 16О мм включительно изготовляют

с предельным отклонением по ширине плюс О,6 мм.

Полосы изготовляют:

– из бронзы марки БрОФ6,5-О,15 — длиной от 8ОО до 2ООО мм;

– из бронзы марки БрОЦ4-3 — длиной от 8ОО до 16ОО мм.

Полосы изготовляют немерной длины, мерной с интервалом 1ОО мм и кратной мерной длины в пределах немерной.

Предельное отклонение по длине полос мерной и кратной мерной длины не должно превышать плюс 1О,О мм.

По требованию потребителя полосы мерной и кратной мерной длины толщиной более 3,ОО мм изготовляют с предельными отклонениями по длине не более плюс 6,О мм.

По согласованию изготовителя и потребителем полосы изготовляют длиной от 4ОО до 8ОО мм.

Толщина лент и предельные отклонения по толщине должны соответствовать указанным в табл. 6.67.

Таблица 6.67

Толщина лент и предельные отклонения по толщине

<table>
<tr><th rowspan="2">Номинальная толщина лент</th><th colspan="3">Предельное отклонение по толщине</th></tr>
<tr><th>Нормальной точности</th><th>Повышенной точности</th><th>Высокой точности</th></tr>
<tr><td>От О,1О до О,12 включ.</td><td>О
–О,О2</td><td rowspan="2">О
–О,О15</td><td rowspan="2">О
–О,О1О</td></tr>
<tr><td>Св. О,12 до О,15 включ.</td><td rowspan="2">О
–О,О3</td></tr>
<tr><td>Св О,15 до О,3О включ.</td><td>О
–О,О2</td><td>О
–О,О15</td></tr>
<tr><td>Св. О,3О до О,45 включ.</td><td>О
–О,О4</td><td>О
–О,О3</td><td>О
–О,О2О</td></tr>
<tr><td>Св. О,45 до О,5О включ.</td><td>О
–О,О5</td><td rowspan="2">О
–О,О4</td><td rowspan="9">–</td></tr>
<tr><td>Св. О,5О до О,6О включ.</td><td rowspan="2">О
–О,О6</td></tr>
<tr><td>Св. О,6О до О,8О включ.</td><td>О
–О,О5</td></tr>
<tr><td>Св. О,8О до О,9О включ.</td><td>О
–О,О7</td><td>О
–О,О6</td></tr>
<tr><td>Св. О,9О до 1,2О включ.</td><td>О
–О,О8</td><td>О
–О,О6</td></tr>
<tr><td>Св. 1,2О до 1,5О включ.</td><td rowspan="2">О
–О,О9</td><td>О
–О,О7</td></tr>
<tr><td>Св. 1,5О до 1,6О включ.</td><td>О
–О,О8</td></tr>
<tr><td>Св. 1,6О до 1,7О включ.</td><td>О
–О,1О</td><td>О
–О,О8</td></tr>
<tr><td>Св. 1,7О до 2,ОО включ.</td><td>О
–О,11</td><td>О
–О,О9</td></tr>
</table>

Приме чания. Ленты из бронзы марки БрОФ6,5-О,15 толщиной от О,1О до О,45 мм включительно высокой точности изготовляют для изделий коммутационной техники.

Ширина лент и предельные отклонения по ширине должны соответствовать указанным в табл. 6.68.

Таблица 6.68

Ширина лент и предельные отклонения по ширине

<table>
<tr><th rowspan="3">Ширина лент, мм</th><th colspan="4">Предельное отклонение
по ширине при толщине, мм</th></tr>
<tr><th colspan="2">От О,1О до 1,ОО включ.</th><th colspan="2">Св. 1,ОО до 2,ОО включ.</th></tr>
<tr><th>нормальной точности</th><th>повышенной точности</th><th>нормальной точности</th><th>повышенной точности</th></tr>
<tr><td>От 1О до 15О включ.</td><td>О –
О,5</td><td>О –
О,3</td><td>О –
О,8</td><td>О –
О,6</td></tr>
<tr><td>Св. 15О до 3ОО включ.</td><td>О –
О,8</td><td>О –
О,6</td><td>О –
1,О</td><td>О –
О,8</td></tr>
</table>

Приме чания. 1. Ленты толщиной от О,1О до О,45 мм включительно изготовляют шириной от 1О до 3ОО мм, толщиной свыше О,45 мм — шириной от 2О до 3ОО мм. 2. По согласованию изготовителя с потребителем ленты изготовляют шириной до 6ОО мм включительно. При этом предельные отклонения устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

Длина лент должна быть не менее 5 м.

Допускаются ленты длиной менее 5 м, но не менее 3 м, в количестве не более 1О% массы партии.

По требованию потребителя ленты толщиной О,15–О,5О мм изготовляют длиной не менее 15 м.

Условные обозначения полос и лент проставляют по схеме:

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднокатаные — Д;

форма сечения: прямоугольная — ПР;

точность изготовления:

для лент: нормальная по толщине и ширине — Н,
нормальная по толщине и повышенная по ширине — К,
повышенная по толщине и нормальная по ширине — И,
повышенная по толщине и ширине — П,
высокая по толщине и нормальная по ширине — В,
высокая по толщине и повышенная по ширине — Л,

для полос: нормальная — Н;

состояние: мягкое — М,
полутвердое — П,
твердое — Т,
особотвердое — О;

длина: мерная — МД,
кратная мерной — КД,
немерная — НД;

особые условия: с увеличенной длиной — УД,
с повышенными механическими свойствами — ПМ,
антимагнитные — АМ.

Примеры условных обозначений:

Полоса холоднокатаная, прямоугольная, нормальной точности изготовления, мягкая, толщиной 5,ОО мм, шириной 2ОО мм, мерной длины 15ОО мм, из оловянно–фосфористой бронзы марки БрОФ6,5-О,15, с повышенными механическими свойствами:

Молоса ДМРНМ 5,00×200×1500 МД БрОФ6,5-0,15 ММ ГОСТ 1761-2016

Лента холоднокатаная, прямоугольная, повышенной точности изготовления по толщине и нормальной по ширине, твердая, толщиной О,5О мм, шириной 1ОО мм, немерной длины, из оловянно–цинковой бронзы марки БрОЦ4-3:

Лента ДМРИТ 0,50×100 НД БрОЦ4-3 ГОСТ 1761-2016

Прутки оловянно-цинковой бронзы (ГОСТ 6511)

Настоящий стандарт распространяется на прутки тянутые круглого, квадратного и шестигранного сечений и прутки прессованные круглого сечения оловянно-цинковой бронзы, применяемые в различных отраслях промышленности.

Номинальный диаметр тянутых прутков и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.69.

Таблица 6.69

Номинальный диаметр тянутых прутков и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр или расстояние между параллельными гранями прутка, мм	Предельное отклонение по номинальному диаметру прутков при точности изготовления			
	круглых		квадратных и шестигранных	
	повышенной	нормальной	повышенной	нормальной
От 5,0 до 6,0 включ.	0 –0,07	0 –0,16	0 –0,07	0 –0,16
Св. 6,0 до 10,0 включ.	0 –0,09	0 –0,20	0 –0,09	0 –0,20
Св. 10,0 до 18,0 включ.	0 –0,11	0 –0,24	0 –0,11	0 –0,24
Св. 18,0 до 30,0 включ.	0 –0,13	0 –0,28	0 –0,13	0 –0,28
Св. 30,0 до 36,0 включ.	0 –0,16	0 –0,34	0 –0,16	0 –0,34
Св. 36,0 до 40,0 включ.	0 –0,16	0 –0,34	–	–

Примечание. За диаметр квадратных и шестигранных прутков принимают диаметр вписанной окружности, т.е. расстояние между параллельными гранями прутка.

Номинальный диаметр прессованных прутков и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в таблице 6.71.

Таблица 6.71

Номинальный диаметр прессованных прутков и предельные отклонения по диаметру в миллиметрах

Номинальный диаметр	Предельное отклонение по номинальному диаметру диаметру прутков при точности изготовления
От. 42 до 50 включ.	0 – 1,6
Св. 50 до 80 включ.	0 – 1,9
Св. 80 до 120 включ.	0 – 2,2

По длине тянутые прутки изготовляют немерной, мерной и кратной мерной длины в отрезках и в бухтах.

В отрезках:

– немерной длины:

от 1000 до 4000 мм — диаметром от 5 до 30 мм включ.;

1000 « 3000 « — диаметром св. 30 « 40 « « .

Предельные отклонения по длине прутков мерной длины или кратной мерной длины в пределах немерной не должны превышать ±10 мм.

Прутки мерной длины изготовляют по согласованию потребителя с изготовителем.

По согласованию потребителя с изготовителем тянутые прутки диаметром менее 14 мм могут быть изготовлены в бухтах, длина прутков должна быть не менее 3 м.

Прессованные прутки изготовляют длиной не менее 500 мм.

Условные обозначения прутков проставляют по схеме:

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированный (тянутый) — Д,
прессованный — Г;
форма сечения: круглый — КР,
квадратный — КВ,
шестигранный — ШГ;
точность изготовления: нормальная — Н,
повышенная — П;
длина: немерная — НД,
кратная мерной — КД;
особые условия: для обработки на автоматах — АТ.

Знак «Х» ставится вместо данных, имеющих более одного значения, кроме обозначения длины и особых условий.

Примеры условных обозначений прутков:

Пруток тянутый, шестигранный, нормальной точности изготовления, диаметром 24 мм, длиной 3ООО мм из бронзы марки БрОЦ 4-3:

Мруток ДШГНХ 24×3000 ГОСТ 6511-2014.

То же, тянутый, круглый, нормальной точности изготовления, твердый, диаметром 12 мм, немерной длины, для обработки на автоматах, из бронзы марки БрОЦ 4-3:

Мруток ДКРНХ 12 НД БрОЦ 4-3 АМ ГОСТ 6511-2014.

То же, прессованный, круглый, диаметром 6О мм, немерной длины из бронзы марки БрОЦ 4-3:

Мруток ГКРХХ 60 НД БрОЦ 4-3 ГОСТ 6511-2014.

То же, тянутый, квадратный, повышенной точности изготовления, диаметром 1О мм, немерной длины, из бронзы марки БрОЦ 4-3, в бухтах свободной намотки:

Мруток ДКВМХ 10 НД БрОЦ 4-3 БТ ГОСТ 6511-2014.

Если в заказе потребителем особые условия не указаны, то прутки изготовляют с условиями исполнения на усмотрение изготовителя.

Полосы и ленты из алюминиево–марганцевой бронзы (ГОСТ 1595)

Настоящий стандарт распространяется на горячекатаные, холоднокатаные полосы и ленты из алюминиево–марганцевой бронзы марки БрАМц9–2, применяемые для изготовления износостойких деталей с высокими антикоррозионными свойствами.

Толщина горячекатаных полос и предельные отклонения по толщине должны соответствовать приведенным в табл. 6.72.

Таблица 6.72

Толщина горячекатаных полос и предельные отклонения по толщине

Толщина горячекатаных полос, мм	Пред. откл., мм
6,0 6,3 7,0	–0,5
8,0	–0,55
9,0 10,0	–0,60
11,0	–0,70
12,0 12,5	–0,80
16,0	–1,20
20,0 22,0	–2,0

Ширина горячекатаных полос и предельные отклонения по ширине в зависимости от толщины должна соответствовать приведенным в табл. 6.73.

Таблица 6.73

Ширина горячекатаных полос и предельные отклонения по ширине в зависимости от толщины

Ширина горячекатаных полос, мм	Предельные отклонения при толщине полос, мм	
	от 6,0 до 12,5 включ.	от 16,0 до 22,0 включ.
100, 120, 130, 140, 150, 160, 175, 200	–5	–6
250, 300		–8

Толщина холоднокатаных полос и предельные отклонения по толщине должны соответствовать приведенным в табл. 6.74.

Таблица 6.74

Толщина холоднокатаных полос и предельные отклонения по толщине

Толщина холоднокатаных полос, мм	Пред. откл., мм
1,00	–0,08
1,25	–0,09
1,40 1,50	–0,10
1,60 1,80 2,00	–0,11
2,25 2,50	–0,12
2,80 3,00 3,15	–0,14
3,55 4,00	–0,18

Продолжение табл. 6.74

Толщина холоднокатаных полос, мм	Пред. откл., мм
4,50 5,00	–0,20
5,50 6,00 6,30 7,00	–0,25
8,00	–0,30
9,00	–0,35
10,00	–0,40
11,00 12,00	–0,50
12,50	–0,55

Ширина холоднокатаных полос и предельные отклонения по ширине в зависимости от толщины должны соответствовать приведенным в табл. 6.75.

Таблица 6.75

Ширина холоднокатаных полос и предельные отклонения по ширине в зависимости от толщины

Ширина холоднокатаных полос, мм	Предельные отклонения при толщине полос, мм		
	от 1,0 до 3,0включ.	св. 3,0 до 5,5включ.	св. 5,5 до 12,5включ.
50, 55, 70, 75, 80, 100	–2	–3	–
105, 115, 125, 130, 140, 150, 200	–3	–4	–5
210, 220, 240, 250, 270, 275, 280, 300	–4	–5	

Полосы изготовляют длиной от 1000 до 1500 мм.

Полосы изготовляют мерной и немерной длины.

Полосы мерной длины изготовляют с предельными отклонениями по длине минус 15 мм.

Допускается изготовлять полосы длиной от 500 до 1000 мм в количестве не более 10% массы партии.

Толщина лент и предельные отклонения по толщине должны соответствовать приведенным в табл. 6.76.

Таблица 6.76

Толщина лент и предельные отклонения по толщине

Толщина	Пред. откл.
0,40	–0,04
0,45 0,50	–0,05
0,55 0,60 0,65 0,70 0,75	–0,06
0,80 0,85 0,90 0,95	–0,07
1,00	–0,08

Ширина лент и предельные отклонения по ширине должны соответствовать приведенным в табл. 6.77.

Таблица 6.77

Ширина лент и предельные отклонения по ширине

Ширина, мм	Пред. откл., мм
1О, 18, 2О, 3О, 4О, 5О, 55, 7О, 75, 8О, 1ОО, 11О, 12О, 13О, 14О, 15О, 175	–О,5
2ОО, 22О, 24О, 25О, 3ОО	–О,8

Примечание. Ленты толщиной О,6О мм и более изготовляют шириной от 2О до 3ОО мм.

Длина ленты должна быть не менее 4 м.

Допускается изготовлять ленты длиной не менее 2 м в количестве не более 1О% массы партии.

Условные обозначения полос и лент проставляют по схеме:

при следующих сокращениях:

способ изготовления: горячекатаная – Г
холоднокатаная – Д

форма сечения: прямоугольная – ПР

состояние: твердое – Т
мягкое – М

длина (мерность): мерная – МД
немерная – НД

Состояние указывают для холоднокатаных полос и лент.

Мерность указывают для полос. Для лент указывают только немерную длину.

Вместо отсутствующих данных ставится знак Х, кроме обозначения длины (мерность).

Примеры условных обозначений:

Полоса горячекатаная толщиной 8,О мм, шириной 2ОО мм, немерной длины из бронзы марки БрАМц9-2 по ГОСТ 1595-9О:

Молоса ГМРХХ 8,0×200 НД БрАМц9-2 ГОСТ 1595-90.

Полоса холоднокатаная твердая толщиной 2,О мм, шириной 1ОО мм, длиной 1ООО мм из бронзы марки БрАМц9-2 по ГОСТ 1595-9О:

Молоса ДМРХТ 2,0×100×1000 МД БрАМц9-2 ГОСТ 1595-90.

Лента холоднокатаная мягкая, толщиной О,6О мм, шириной 5О мм из бронзы марки БрАМц9-2 по ГОСТ 1595–9О:

Лента ДМРХМ 0,60×50 НД БрАМц9-2 ГОСТ 1595-90.

Прутки бронзовые (ГОСТ 1628)

Прутки изготовляют из бронзы марок БрАМц9-2, БрАЖ9-4, БрАЖН10-4-4, БрАЖМц10-3-1,5, БрКМц3-1 и БрКН1-3 с химическим составом по ГОСТ 18175.

Номинальный диаметр тянутых прутков круглого, квадратного и шестигранного сечений и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.78.

За диаметр прутков квадратного и шестигранного сечения принимается диаметр вписанной окружности, то есть расстояние между параллельными гранями прутка.

Таблица 6.78

Номинальный диаметр или диаметр вписанной окружности тянутых прутков круглого, квадратного и шестигранного сечений и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр или диаметр вписанной окружности прутка, мм	Предельное отклонение по номинальному диаметру при точности изготовления, мм	
	повышенной	нормальной
От 5,0 до 6,0 включ.	0 –0,08	0 –0,12
Св. 6,0 до 10,0 включ.	0 –0,09	0 –0,15
Св. 10,0 до 18,0 включ.	0 –0,11	0 –0,18
Св. 18,0 до 30,0 включ.	0 –0,13	0 –0,21
Св. 30,0 до 41,0 включ.	0 –0,16	0 –0,25

Примечание. Квадратные и шестигранные прутки из бронзы марки БрАМц9–2 изготовляют размерами от 14,0 до 36,0 мм включительно.

Номинальный диаметр прессованных прутков круглого сечения и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.79.

Таблица 6.79

Номинальный диаметр прессованных прутков круглого сечения и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр	Предельное отклонение по номинальному диаметру при точности изготовления, мм		
	высокой	повышенной	нормальной
От 16,0 до 18,0 включ.	0 – 0,6	0 – 0,7	0 – 1,1
Св. 18,0 до 30,0 включ.	0 – 0,7	0 – 0,8	0 – 1,3
Св. 30,0 до 50,0 включ.	–	0 – 1,0	0 – 1,6
Св. 50,0 до 80,0 включ.	–	0 – 1,2	0 – 1,9
Св. 80,0 до 100,0 включ.	–	0 – 1,4	0 – 2,2
Св. 100,0 до 160,0 включ.	–	0 – 1,8	0 – 2,5
Св. 160,0 до 180,0 включ.	–	–	0 – 2,8
Св. 180,0 до 220,0 включ.	–	–	0 – 5,0

Примечание. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовлять прутки нормальной точности диаметром от 130,0 до 140,0 мм с предельным отклонением по диаметру минус 3,0 мм и диаметром от 150,0 до 160,0 мм с предельным отклонением по диаметру минус 3,5 мм.

Марка бронзы и номинальный диаметр прессованных прутков высокой и повышенной точности изготовления указаны в таблице 6.8О.

Таблица 6.8О

Марка бронзы и номинальный диаметр прессованных прутков

Марка бронзы	Номинальный диаметр при точности изготовления, мм	
	высокой	повышенной
БрАМц9-2	–	От 25 до 145 включ.
БрАЖ9-4	От 16 до 3О включ.	От 16 до 5О включ.
БрАЖН1О-4-4	–	От 2О до 16О включ.
БрАЖМц1О-3-1,5	От 16 до 18 включ.	От 16 до 5О включ.
БрКМц3-1	–	От 3О до 13О включ.
БрКН1-3	–	От 2О до 9О включ.

Номинальный диаметр горячекатаных прутков круглого сечения и предельные отклонения по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.81.

Таблица 6.81

Номинальный диаметр горячекатаных прутков круглого сечения и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр, мм	Предельное отклонение, мм
До 3О,О включ.	О – 1,3
Св. 3О,О до 5О,О включ.	О – 1,6
Св. 5О,О до 8О,О включ.	О – 1,9
Св. 8О,О до 1ОО,О включ.	О – 2,2

По длине прутки изготовляют:

Немерной длины в отрезках и бухтах. Форма поставки, номинальный наружный диаметр и длина немерных прутков приведены в табл. 6.82.

Таблица 6.82

Форма поставки, номинальный наружный диаметр и длина немерных прутков

Форма поставки	Номинальный наружный диаметр, мм	Длина, м
В отрезках немерной длины	От 5 до 4О включ.	От 2 до 5
	Св. 4О до 8О включ.	От 1 до 4
	Св. 8О до 12О включ.	От 1 до 3
	Св. 12О	От О,5 до 2
В бухтах	До 14	От 3

Примечание. По требованию потребителя прутки диаметром 14 мм и более допускается сматывать в бухты.

В партии прутков немерной длины допускаются укороченные прутки в количестве не более 1О % массы партии для прутков диаметром:

– не более 4О мм включительно — длиной не менее 1 м;

– свыше 4О мм — длиной не менее О,5 м.

Мерной длины в пределах немерной длины с предельными отклонениями по длине:

– для тянутых прутков всех размеров — плюс 1О мм;

– прессованных и горячекатаных прутков диаметром:

1) не более 5О мм — плюс 15 мм,

2) более 5О мм — плюс 2О мм.

Прессованные прутки мерной длины изготовляют по требованию потребителя.

Кратной мерной длины в пределах немерной длины с припуском 5 мм на каждый рез и с общим допуском по длине в соответствии с перечислением, установленным для прутков мерной длины.

Предельные отклонения по длине мерных прессованных прутков повышенной точности составляют для прутков диаметром:

– не более 8О мм — плюс 1О мм;

– более 8О мм — плюс 15 мм.

По требованию потребителя тянутые прутки изготовляют с предельным отклонением по длине плюс 6 мм.

Условные обозначения прутков проставляют по схеме:

Для условного обозначения прутков используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированный (тянутый) — Д,
прессованный — П, горячекатаный — Г;

форма сечения: круглый — КР,
квадратный — КВ,
шестигранный — ШГ;

точность изготовления: нормальная — Н,
повышенная — П,
высокая — В;

состояние: полутвердый — П,
твердый — Т;

длина: немерная — НД,
кратная мерной — КД,
мерная — МД,
в бухтах — БТ;

особые условия: мерная повышенной точности по длине — МП,
для обработки на автоматах — АВ,
с закруглением ребра углов граней — СК,
без указания механических свойств — К,
регламентированные требования по испытанию на растяжение — Р,
регламентированные требования измерения твердости — НВ.

Знак «Х» ставится вместо отсутствующих данных, кроме обозначения длины и особых условий.

Примеры условных обозначений:

Пруток тянутый, круглый, повышенной точности изготовления, полутвердый, диаметром 12,О мм, немерной длины, из бронзы марки БрАМц9-2, для обработки на автоматах:

Мруток ДКРММ 12,0 НД БрАМц9-2 АВ ГОСТ 1628-2019.

Пруток тянутый, квадратный, нормальной точности изготовления, твердый, размером 2О мм, длины, кратной 3 м, из бронзы марки БрКМц3-1:

Мруток ДКВНТ 20 КД 3000 БрКМц3-1 ГОСТ 1628-2019.

Пруток прессованный, круглый, высокой точности изготовления, диаметром 18,0 мм, мерной длины 2,0 м, из бронзы марки БрАЖ9-4, повышенной точности по длине:

Мруток МКРВХ 18,0 2000 БрАМ9-4 ММ ГОСТ 1628-2019.

Пруток горячекатаный, круглый, диаметром 50,0 мм, мерной длины 2,5 м, из бронзы марки БрКМц3-1:

Мруток ГКРХХ 50,0 МД 2500 БрКМц3-1 ГОСТ 1628-2019.

Если в заказе потребителем особые условия не указаны, то прутки изготовляют с условиями исполнения на усмотрение изготовителя.

Проволока из кремнемарганцовой бронзы (ГОСТ 5222)

Таблица 6.83

Номинальный диаметр круглой проволоки и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр круглой проволоки, мм	Предельные отклонения по диаметру при точности изготовления, мм		Номинальный диаметр круглой проволоки, мм	Предельные отклонения по диаметру при точности изготовления, мм	
	нормальной	повышенной		нормальной	повышенной
0,10 0,12 0,15 0,18 0,20 0,25 0,30	0 –20	0 –0,010	2,0 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,8 3,0	0 –0,055	0 –0,045
0,35 0,40 0,45 0,50 0,55 0,60	0 –0,025	0 –0,015	3,2 3,5 3,8 4,0 4,2 4,5	0 –0,060	0 –0,048
0,65 0,70 0,75 0,80 0,85 0,90 0,95	0 –0,030	–	4,8 5,0 5,5 6,0	0 –0,070	
1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60 1,70 1,80	0 –0,040	–	6,5 7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5	0 –0,090	0 –0,058
			10,0		0 –0,070

Номинальный диаметр квадратной проволоки и предельные отклонения по нему должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.84.

Проволоку должны изготавливать из бронзы марки БрКМц3-1 с химическим составом по ГОСТ 18175.

Таблица 6.84

Номинальный диаметр квадратной проволоки и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр квадратной проволоки, мм	Предельные отклонения по диаметру, мм	Номинальный диаметр квадратной проволоки, мм	Предельные отклонения по диаметру, мм
0,6 0,8 1,0	0 –0,040	1,6 2,0	0 –0,045
		2,5 3,0	0 –0,055
1,2 1,4	0 –0,045	3,5	0 –0,06

Примечания.

1. За диаметр проволоки квадратного сечения принимается диаметр вписанной окружности, т.е. расстояние между параллельными гранями проволоки.

Овальность круглой проволоки не должна превышать половины предельного отклонения по диаметру.

Условные обозначения проволоки проставляют по схеме:

Знак «Х» в схеме обозначает данные, имеющие более одного значения.

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированная (тянутая) — Д;
форма сечения: круглая — КР,
квадратная — КВ;
точность изготовления нормальная — Н,
повышенная — П;
состояние: твердая — Т;
длина мотки — МТ,
бухты — БТ,
катушки — КТ.

Примеры условных обозначений проволоки:

Проволока холоднодеформированная круглого сечения, повышенной точности изготовления, твердая, диаметром 2,5 мм, в мотках, из бронзы марки БрКМц3-1:

Мроволока ДКРМТ 2,5 МТ БрКМц3-1 ГОСТ 5222-2016

Проволока холоднодеформированная круглого сечения, нормальной точности изготовления, твердая, диаметром О,15 мм, на катушках, из бронзы марки БрКМц3-1:

Мроволока ДКРНТ 0,15 КТ БрКМц3-1 ГОСТ 5222-2016

Проволока холоднодеформированная квадратного сечения, нормальной точности изготовления, твердая, диаметром 1,6 мм, в мотках, из бронзы марки БрКМц3-1:

Мроволока ДКВНТ 1,6 МТ БрКМц3-1 ГОСТ 5222-2016

Механические свойства проволоки должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 6.85.

Таблица 6.85

Механические свойства проволоки

Диаметр проволоки, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$ МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение после разрыва δ, % не менее
О,1–1,О	88О (9О)	–
1,1–2,5	88О (9О)	О,5
2,8–4,2	83О (85)	1,О
4,5–8,О	81О (83)	1,5
8,5–1О,О	76О (78)	2,О

Проволока из бериллиевой бронзы марки брб2 (ГОСТ 15834)

В табл. 6.86 приведены номинальный диаметр и предельные отклонения по диаметру проволоки из бронзы марки БрБ2., а табл. 6.87 приведены механические свойства в мягком (закалённом) и твёрдом (холоднодеформированном) состояниях.

Таблица 6.86

ѐоминальный диаметр и предельные отклонения по диаметру

Номинальный диаметр, мм	Предельное отклонение по диаметру, при точности изготовления, мм	
	Повышенной	Нормальной
От О,О6 до О,О8	О –О,О1О	–
От О,1О до О,3О	О –О,О2О	–
От О,4О до О,6О	О –О,О25	О –О,О4О
От О,63 до О,9О	О –О,О3О	О –О,О45
От 1,ОО до 2,8О	О –О,О4О	О –О,О6О
От 3,2О до 5,6О	О –О,О48	О –О,О8О
От 6,3О до 9,ОО	О –О,О58	О –О,1О
От 1О,О до 12,О	О –О,О7О	О –О,12

Примечания.

1. По требованию потребителя проволоку изготовляют высокой точности:

– диаметром О,О6 и О,О8 мм с предельным отклонением минус О,ОО8 мм;

– диаметром О,1О–О,2О мм с предельным отклонением минус О,О1О мм;

– диаметром О,25–О,5О мм с предельным отклонением минус О,О16 мм.

2. По требованию потребителя проволоку диаметром О,13 мм изготовляют высокой точности с предельным отклонением +/– О,ОО5 мм.

3 Допускается изготовлять проволоку других диаметров с предельными отклонениями по ближайшему большему размеру.

Таблица 6.87

Механические свойства проволоки в мягком и твёрдом состояниях

Номинальный диаметр, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2) проволоки		Относительное удлинение δ, %, не менее, при расчетной длине образца проволоки 1ОО мм	
	мягкой	твердой	мягкой	твердой
От О,О6 до О,О8	343 – 686 (35 – 7О)	931 – 1372 (95 – 14О)	15 – 6О	–
От О,1О до О,5О	392 – 637 (4О – 65)	931 – 1372 (95 – 14О)	2О – 6О	–
От О,55 до 1,ОО	392 – 637 (4О – 65)	833 – 1274 (85 – 13О)	2О – 6О	–
От 1,1О до 5,ОО	392 – 637 (4О – 65)	735 – 1176 (75 – 12О)	25 – 6О	–
От 5,5О до 12,ОО	392 – 588 (4О – 6О)	735 – 1О78 (75 – 11О)	3О – 6О	–

Овальность проволоки не должна превышать предельного отклонения по диаметру.

Примечание. По требованию потребителя проволоку изготовляют с овальностью, не превышающей половины предельного отклонения по диаметру.

Проволоку поставляют в бухтах, мотках или на катушках.

Условные обозначения проволоки проставляют по схеме:

Знак «Х» в схеме ставится вместо данных, имеющих более одного значения.

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированный (тянутый) — Д;
форма сечения: круглая — КР;
точность изготовления: нормальная — Н,
повышенная — П,
высокая — В;
состояние: мягкое — М,
твердое — Т;
форма поставки: в мотках — МТ,
бухтах — БТ,
на катушках (шпулях) — КТ.

Примеры условных обозначений:

Проволока холоднодеформированная нормальной точности изготовления, мягкая, диаметром 6,3 мм, на катушках, из сплава марки БрБ2:

Мроволока ДКРНМ 6,3 КТ БрБ2 ГОСТ 15834–2016

Проволока холоднодеформированная повышенной точности изготовления, твердая, диаметром О,3О мм, в мотках, из сплава марки БрБ2:

Мроволока ДКРМТ 0,30 МТ БрБ2 ГОСТ 15834–2016

Прутки из оловянно-фосфористой бронзы (ГОСТ 10025)

Размеры прутков в зависимости от способа изготовления и марки бронзы должны соответствовать указанным в табл. 6.88.

Таблица 6.88

Размеры прутков бронзовые

Марки	Способ изготовления	Диаметр прутка, мм
БрОФ 6,5-0,15	Тянутые или холоднокатаные Прессованные	От 5,0 до 20,0 включ. « 100,0 « 110,0 «
БрОФ 7-0,2	Тянутые или холоднокатаные Прессованные	« 16,0 « 40,0 « « 40,0 « 95,0 «

Условные обозначения прутков проставляют по схеме:

Знак «X» в схеме ставится вместо данных, имеющих более одного значения.

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднокатаные или тянутые — Д,
прессованные — П;
форма сечения: круглые — КР;
точность изготовления: нормальная — Н,
повышенная — П,
высокая — В,
для прессованных прутков — X;
состояние: мягкое — М,
полутвердое — П,
твердое — Т,
особотвердое — ОТ,
для прессованных прутков — X;
длина: немерная — НД;
форма поставки в бухтах — БТ.

Примеры условных обозначений прутков:

Пруток тянутый, круглый, нормальной точности изготовления, твердый, диаметром 20 мм, немерной длины из бронзы марки БрОФ 6,5-0,15:

Мруток ДКРНТ 20 НД БрОФ 6,5-0,15 ГОСТ 10025-2016

Пруток, прессованный, круглый, диаметром 80 мм, немерной длины, из бронзы марки БрОФ 7-0,2:

Мруток МКРXX 80 НД БрОФ 7-0,2 ГОСТ 10025-2016

Пруток, прессованный, круглый, диаметром 100 мм, немерной длины из бронзы марки БрОФ 6,5-0,15:

Мруток МКРXX 100 НД БрОФ 6,5-0,15 ГОСТ 10025-2016

6. . ТИТАН И СМЛАВЫ ТИТАНОВЫЕ ДЕФОРМИРУЕМЫЕ (ГОСТ 1980Z)

в последнее пятидесятилетие в различных машиностроительных отраслях находят применение титан и титановые сплавы. Не является исключением и отрасль химического аппарато- и машиностроения, так как титан и сплавы на его основе являются весьма коррозионностойкими ко многим агрессивным средам, которыми изобилует химическая и нефтехимическая промышленность. Кроме того, титан и его сплавы имеют почти в два раза меньшую плотность по отношению к нержавеющим сталям, а прочностные характеристики у них сопоставимы.

Наиболее широко при изготовлении машин и аппаратов для химической и нефтехимической промышленности нашли полуфабрикаты (листы, ленты, фольги, полосы, плиты, прутки, различные профили, поковки и штампованные заготовки), получаемые методом деформации, а так же слитки для получения различных деталей методом литья.

Марки и химический состав титана и титановых сплавов приведены в табл. 6.89. Номенклатура литейных титановых сплавов включает в основном те же сплавы, что и для обработки давлением.

Сравнительные физические свойства алюминия, титана и железа представлены в табл. 6.9О. Химический состав и механические свойства литейных титановых сплавов приведены в табл. 6.91.

Таблица 6.89

Марки и химический состав титана и титановых сплавов (ГОСТ 19807)

Обозначение марок	Массовая доля химических элементов, %															
	титана	алюминия	ванадия	молибдена	олова	циркония	ниобия	марганца	хрома	кремния	железа	кислорода	водорода	азота	углерода	сумма прочих примесей
ВТ1–ОО	Основа	–	–	–	–	–	–	–	–	О,О8	О,15	О,1О	О,ОО8	О,О4	О,О5	О,1О
ВТ1–О	То же	–	–	–	–	–	–	–	–	О,1О	О,25	О,2О	О,О1О	О,О4	О,О7	О,3О
ВТ1–2	»	–	–	–	–	–	–	–	–	О,15	1,5	О,3О	О,О1О	О,15	О,1О	О,3О
ОТ4–О	»	О,4–1,4	–	–	–	О,3О	–	О,5–1,3	–	О,12	О,3О	О,15	О,О12	О,О5	О,1О	О,3О
ОТ4–1	»	1,5–2,5	–	–	–	О,3О	–	О,7–2,О	–	О,12	О,3О	О,15	О,О12	О,О5	О,1О	О,3О
ОТ4	»	3,5–5,О	–	–	–	О,3О	–	О,8–2,О	–	О,12	О,3О	О,15	О,О12	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ5	»	4,5–6,2	1,2	О,8	–	О,3О	–	–	–	О,12	О,3О	О,2О	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ5–1	»	4,3–6,О	1,О	–	2,О–3,О	О,3О	–	–	–	О,12	О,3О	О,15	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ6	»	5,3–6,8	3,5–5,3	–	–	О,3О	–	–	–	О,1О	О,6О	О,2О	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ6с	»	5,3–6,5	3,5–4,5	–	–	О,3О	–	–	–	О,15	О,25	О,15	О,О15	О,О4	О,1О	О,3О
ВТ3–1	»	5,5–7,О	–	2,О–3,О	–	О,5О	–	–	О,8–2,О	О,15–О,4О	О,2–О,7	О,15	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ8	»	5,8–7,О	–	2,8–3,8	–	О,5О	–	–	–	О,2О–О,4О	О,3О	О,15	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ9	»	5,8–7,О	–	2,8–3,8	–	1,О–2,О	–	–	–	О,2О–О,35	О,25	О,15	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ14	»	3,5–6,3	О,9–1,9	2,5–3,8	–	О,3О	–	–	–	О,15	О,25	О,15	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ2О	»	5,5–7,О	О,8–2,5	О,5–2,О	–	1,5–2,5	–	–	–	О,15	О,25	О,15	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ВТ22	»	4,4–5,7	4,О–5,5	4,О–5,5	–	О,3О	–	–	О,5–1,5	О,15	О,5–1,5	О,18	О,О15	О,О5	О,1О	О,3О
ПТ–1М	Основа	О,2–О,7	–	–	–	О,3О	–	–	–	О,1О	О,2О	О,12	О,ОО6	О,О4	О,О7	О,3О
ПТ–7М	»	1,8–2,5	–	–	–	2,О–3,О	–	–	–	О,12	О,25	О,15	О,ОО6	О,О4	О,1О	О,3О
ПТ–3В	»	3,5–5,О	1,2–2,5	–	–	О,3О	–	–	–	О,12	О,25	О,15	О,ОО6	О,О4	О,1О	О,3О

Продолжение табл. 6.89

Обозначение марок	Массовая доля химических элементов, %															
	титана	алюминия	ванадия	молибдена	олова	циркония	ниобия	марганца	хрома	кремния	железа	кислорода	водорода	азота	углерода	сумма прочих примесей
АТ3	»	2,0–3,5	–	–	–	–	–	–	0,2–0,5	0,20–0,40	0,2–0,5	0,15	0,008	0,05	0,10	0,30
М	То же	3,5–5,0	–	–	–	0,30	–	–	–	0,12	0,25	0,15	0,006	0,04	0,10	0,30
2В	»	1,5–2,5	1,0–2,0	–	–	–	–	–	–	0,10	0,20	0,12	0,006	0,04	0,07	0,30
5В	»	4,7–6,3	1,0–1,9	0,7–2,0	–	0,10	–	–	–	0,12	0,25	0,13	0,006	0,04	0,06–0,14	0,30
14	»	3,5–5,6	0,5–2,5	1,8–3,5	–	0,30	–	–	–	0,12	0,25	0,15	0,006	0,04	0,10	0,30
19	»	5,0–6,5	–	–	–	1,0–2,5	2,5–4,0	–	–	0,12	0,20	0,14	0,006	0,04	0,08	0,30
27	»	3,0–4,2	0,7–1,5	–	–	2,0–3,0	0,7–1,5	–	–	0,12	0,25	0,14	0,006	0,04	0,10	0,30
37	»	4,3–6,3	–	1,5–2,5	–	0,2–1,0	1,0	–	–	0,12	0,25	0,14	0,006	0,04	0,05–0,14	0,30
40	»	1,5–3,5	0,5–2,5	–	–	0,30	–	–	–	0,12	0,25	0,14	0,006	0,04	0,07	0,30

Приме чания.

1. Массовая доля элементов максимальная, если не указаны пределы.

2. Массовую долю водорода указывают в нормативной документации на конкретные виды полуфабрикатов.

Массовая доля водорода указана для слитков.

3. В титане марки ВТ1-00 допускается массовая доля алюминия не более 0,30%, в титане марки ВТ1-0 — не более 0,70%.

4. В плоском прокате из сплава марки ВТ14 толщиной до 10 мм массовая доля алюминия должна быть 3,5 – 4,5%, а в остальных видах полуфабрикатов - 4,5 – 6,3%.

5. В сплаве марки ВТ3-1, предназначенном для изготовления штамповок лопаток и лопаточной заготовки, верхний предел массовой доли алюминия должен быть не более 6,8%.

6. В сплаве марки ПТ-3В массовая доля циркония в сумме с прочими примесями не должна превышать 0,30%.

7. Во всех сплавах, содержащих в качестве легирующего элемента молибден, допускается частичная замена его вольфрамом в количестве не более 0,3%.

Суммарная массовая доля молибдена и вольфрама не должна превышать норм, предусмотренных таблицей для молибдена.

8. Во всех сплавах, не содержащих в качестве легирующих элементов хром и марганец, массовая доля последних не должна превышать 0,15% (в сумме).

9. Массовая доля меди и никеля в титане и во всех сплавах должна быть не более 0,10% (в сумме), в том числе никеля не более 0,08%.

10. В графу «Сумма прочих примесей» входят элементы, оговоренные в пп. 8 и 9, а также другие элементы, приведенные в таблице, но не регламентированные как примеси.

11. Для сплавов марок ПТ-1М, 3М, 2В, 5В, 14, 19, 27, 37, 4О допускается введение модифицирующих химических элементов до 0,003%. Сплавы, модифицированные бором, дополнительно маркируют индексом Б. Бор вводят в сплавы в соответствии с расчетным составом и фактическое содержание его не определяют.

12. В сплаве марки 5В содержание циркония в сумме с прочими примесями не должно превышать 0,3%.

13. В сплавах марок 3М и 19 содержание ванадия и олова допускается не более 0,15% (в сумме).

14. Для сплавов марок ПТ-1М, 3М, 2В, 5В, 14, 19, 27, 37, 4О допускается сужение пределов по содержанию основных легирующих элементов по нормативной документации на конкретные виды полуфабрикатов.

Таблица 6.9О

Основные физические свойства алюминия, титана, железа

Свойства металлов	Алюминий	Титан	Железо
Плотность, кг / м^3	2698	454О	7874
Температура плавления, Тпл, °С	66О	1665	1535
Теплопроводность, Z, Вт / м × К	238	15,5	72,4
Коэффициент термического расширения, а × 1О6, 1 / °С	23,86	8,35	11,7О
Теплоемкость, с, Дж / г × К	О,9О	О,52	О,45
Удельное электросопротивление, нОм × м	26,5	42О,О	97,1
Модуль упругости, Е, ГПа	7О,6	1О3,О	2ОО,О

Таблица 6.91

Химический состав и гарантируемые механические свойства

Марка сплава	Средний химический состав сплава, мас. %	Механические свойства, не менее				
		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{О,2}$, МПа	δ, %	ψ, %	$a_н$, МДж / м2
ВТ1Л	Технический титан	343	294	1О	2О	О,49
ТЛ-3	Ti-4,5Al	588	539	8	16	О,4
ВТ5Л	Ti-5,2Al	686	627	6	14	О,3
ВТ2ОЛ	Ti-5,5Al-2Zr-lMo-lV	932	823	5	13	О,25
ВТ21Л	Ti-6Al-5Zr-lV-О,7Mo-О,35Cr-О,2W	981	9О2	4	8	О,2
ВТ6Л	Ti-6Al-4V	882	8О4	5	12	О,25
ВТ3-1Л	Ti-6Al-2,5Mo-1,5Cr-О,2Si-О,5Fe	932	814	4	8	О,25
ВТ9Л	Ti-6Al-3,3Mo-l,5Zr-О,3Si	932	855	4	8	О,2
ВТ14Л	Ti-5Al-3,5Mo-l,5V-О,3Cr-О,4Fe	883	785	5	12	О,25
ВТ23Л	Ti-5,5Al-2Mo-4,5V-1Cr-О,7Fe	99О	88О	4	8	О,25
ВТ18УЛ	Ti-6,5Al-4Zr-3SИ-1Иb-О,7Mo-О,2Si	9О5	821	12	24	О,3
ВТ35Л	Ti-3Al-15V-3Cr-3SИ-1,2Zr-1Mo	111О	98О	6	16	О,25
ВТЛ1	Ti-5Al-1Si	835	736	5	12	О,15

Как показали многочисленные исследования, механические показатели литейных и деформируемых сплав титана, они оказываются близки друг к другу.

Титановые сплавы имеют весьма хорошие показатели при криогенных и высоких температурах (табл. 6.92 и 6.93).

Таблица 6.92

Прочностные и пластические свойства в сплавах титана при низких температурах*

Сплав	$\sigma_в$, МПа				δ, %			
	2О °С	–196 °С	–253 °С	–269 °С	2О °С	–196 °С	–253 °С	–269 °С
АТ2	79О	118О	145О	–	2О,5	25,2	13,2	–
АТ2-2	64О	1ОО	128О	122О	25	31	22	26
АТ2-3	83О	13ОО	155О	14ОО	23	19	2О	21
АТ2-4	55О	1О5О	137О	13ОО	25	35	3О	25
ВТ5Л	85О	136О	152О	–	6	2.5	2,5	–
ВТ5-1	878	1425	1615	171О	17,3	13,6	9,6	9.3
ОТ4-1	66О	1О8О	139О	–	22,6	19,4	17,5	–
ОТ4	86О	133О	156О	–	19,7	21,5	5,8	–
ВТ6С	92О	153О	175О	–	2О	25	5	–
ВТ6	1О8О	164О	182О	–	15.5	17,8	3,5	–
ВТ3-1	1О4О	162О	2О6О	2О2О	15	7,5	7,5	3
ВТ14	925	144О	162О	–	12,5	4,О	1,О	–

*Испытания проводили на гладких образцах в отожженном состоянии. Сплавы сери АТ были отожжены при 6ОО °С в течение 1 ч.

Таблица 6.93

Механические свойства жаропрочных титановых сплавов

Сплав	Механические свойства при 2О °С			Отношение временного сопротивления при различных температурах (°С) к временному сопротивлению при 2О °С					
	$\sigma_в$, МПа	δ, %	ψ, %	1ОО	2ОО	3ОО	4ОО	5ОО	6ОО
Отечественные титановые сплавы									
ВТ3-1	1О6О	14	4О	О,91	О,84	О,81	О,74	О,65	–
ВТ8	1О6О	14	4О	О,91	О.85	О,8О	О,74	О.68	–
ВТ8-1	1О7О	13	35	О,91	О,82	О,78	О,75	О,7О	–
ВТ8М-1	1О6О	14	4О	О,91	О,82	О,76	О,71	О,67	–
ВТ9	111О	13	35	О,92	О,86	О,81	О,75	О,7О	–
ВТ25у	116О	12	3О	О,92	О,85	О,82	О,77	О,74	О,56
ВТ18у	99О	11	3О	О,94	О,86	О,81	О,73	О,71	О,6О
Зарубежные титановые сплавы									
T16242S	98О	14	35	О,92	О,82	О,76	О,73	О,68	–
Ti6246	123О	13	3О	О,94	О,87	О,83	О,81	О,74	–
Ti-17	117О	12	25	О,91	О.84	О.83	О,75	–	–
IMI829	1О1О	13	3О	О,89	О,8О	О,73	О,68	О,66	–

Режимы отжига сварных соединений титановых сплавов приведены в табл. 6.94.

Таблица 6.94

Режимы отжига сварных соединений титановых сплавов

Марка сплава	Температура отжига, °С	Марка сплава	Температура отжига, °С
а-сплавы, псевдо-а сплавы		(а+β) – сплавы мартенситного типа	
ВТ1-ОО	55О–68О	ВТ6С	72О–8ОО
ВТ1-О	55О–68О	ВТ6	72О–8ОО
ВТ5-1	72О–82О	ВТ14	74О–8ОО
ВТ5	72О–82О	ВТ3-1	75О–85О
ОТ4-О	6ОО–68О	ВТ16	–
ОТ4-1	62О–7ОО		
ОТ4	62О–72О	(а+β) – сплавы переходного типа	
ВТ4	55О–65О		
ОТ4-2	7ОО–82О	ВТ22	–
ПТ-7М	58О–68О		
ВТ2О	7ОО–8ОО	Псевдо-β сплавы	
АТ2	6ОО–7ОО		
АТ3	67О–82О	ВТ15	79О–81О
АТ4	7ОО–85О	ТС6	74О–76О

Прутки катаные из титана и титановых сплавов (ГОСТ 26492)

Настоящий стандарт распространяется на круглые горячекатаные необточенные прутки из титана и титановых сплавов.

Прутки подразделяют:

1) по качеству:

а) обычного качества (обозначают маркой титана или титанового сплава);

б) повышенного качества — ПК;

в) по точности изготовления:

г) нормальной точности;

д) повышенной точности — П.

Размеры прутков и предельные отклонения по ним должны соответствовать указанным в табл. 6.95.

Таблица 6.95

Размеры прутков и предельные отклонения по ним

Номинальный диаметр, мм	Предельные отклонения по диаметру прутка, см		Площадь поперечного сечения, см^2		Теоретическая масса 1 м прутка, кг	
	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности
10	+0,4	–	0,770	–	0,346	–
12	–0,6	–0,6	1,112	1,075	0,500	0,484
14	+0,6	–0,8	1,518	1,453	0,663	0,653
16	–0,8	–0,8	1,986	1,911	0,894	0,860
18			2,517	–	1,132	–
20			3,064	3,079	1,379	1,386
22			3,715	3,733	1,672	1,680
25			4,811	4,831	2,165	2,174
28			6,048	6,070	2,722	2,731
30	+1,0	+0,6	6,951	6,975	3,128	3,139
32	–1,5	–1,0	7,917	7,942	3,563	3,574
35			9,484	9,512	4,268	4,280
38			11,192	11,222	5,037	5,050
40			12,410	12,441	5,584	5,599
42			13,690	13,723	6,161	6,175
45			15,728	15,763	7,078	7,094
48			17,908	17,945	8,058	8,075
50			19,244	19,322	8,660	8,695
52	+1,0	+0,6	20,830	20,912	9,374	9,410
55	–2,0	–1,4	23,328	23,414	10,498	10,536
60			27,805	27,899	12,512	12,554
65			32,675	32,928	14,704	14,818
70	+1,5	+1,0	37,937	38,210	17,072	17,195
75	–2,5	–1,5	43,592	43,885	19,616	19,748
80			49,639	49,952	22,338	22,478
85			56,745	56,745	25,535	25,535
90	+/– 2,0	+/– 1,5	63,617	63,617	28,628	28,628
100			78,540	78,540	35,343	35,343
110		–	95,033	–	42,765	–
120		–	113,098	–	50,894	–
130	+/– 3,0	–	132,733	–	59,730	–
140		–	153,938	–	69,272	–
150		–	176,715	–	79,522	–

Примечания:

1. Теоретическая масса 1 м прутка вычислена по среднему диаметру при плотности 4,5 г/см3, что соответствует плотности титана.

2. Прутки диаметром от 65 до 150 мм включительно из титанового сплава ВТ1-2 изготовляются только нормальной точности.

По длине прутки изготовляют:

1) немерной длины:

от О,5 до 4 м — при диаметре прутков от 1О до 2О мм включительно,

от О,5 до 6 м — при диаметре прутков св. 2О до 6О мм включительно,

от О,5 до 2 м — при диаметре прутков св. 6О до 15О мм;

2) мерной и кратной мерной длины в пределах немерной с предельными отклонениями:

+ 3О мм — для прутков диаметром от 1О до 2О мм включительно,

+ 5О мм — для прутков диаметром св. 2О до 6О мм включительно,

+ 7О мм — для прутков диаметром св. 6О до 15О мм.

В табл. 6.96 приведены механические свойства прутков обычного качества, а в табл. 6.97 механические свойства прутков повышенного качества.

Таблица 6.96

Механические свойства прутков обычного качества

Марка сплава	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм2)	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
ВТ1–ОО	Отожженные	От 1О до 12 включ.	295 (3О)	2О	5О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.	295 (3О)		5О	1ОО (1О,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.	265 (27)		4О	6О (6,О)
ВТ1–О	Отожженные	От 1О до 12 включ.	345 (35)	15	4О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.			4О	7О (7,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.			36	5О (5,О)
ВТ1–2	Отожженные	От 65 до 15О включ.	59О – 93О (6О – 95)	8	17	25 (2,5)
ОТ4–О	Отожженные	От 1О до 12 включ.	44О (45)	15	35	–
		Св. 12 до 1ОО включ.		15	35	5О (5,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.		13	3О	4О (4,О)
ОТ4–1	Отожженные	От 1О до 12 включ.	54О (55)	12	3О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.		12	3О	45 (4,5)
		Св. 1ОО до 15О включ.		1О	21	4О (4,О)
ОТ4	Отожженные	От 1О до 12 включ.	685 (7О)	8	25	–
		Св. 12 до 1ОО включ.	685 (7О)		25	4О (4,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.	635 (65)		2О	35 (3,5)
ВТ5	Отожженные	От 1О до 12 включ.	735 (75)	8	2О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.	735 (75)	8	2О	3О (3,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.	685 (7О)	6	15	3О (3,О)
ВТ5–1	Отожженные	От 1О до 12 включ.	785 (8О)	8	2О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.	785 (8О)	8	2О	4О (4,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.	745 (76)	6	15	4О (4,О)
ВТ6	Отожженные	От 1О до 12 включ.	885 (9О)	8	2О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.	885 (9О)	8	2О	25 (2,5)
		Св. 1ОО до 15О включ.	835 (85)	6	15	25 (2,5)
	Закаленные и состаренные	От 1О до 12 включ.	1О8О (11О)	4	12	–
		Св. 12 до 1ОО включ.				2О (2,О)
ВТ6С	Отожженные	От 1О до 12 включ.	835 (85)	9	22	–
		Св. 12 до 1ОО включ.	835 (85)	9	22	3О (3,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.	755 (77)	6	15	25 (2,5)
	Закаленные и состаренные	От 1О до 12 включ.	1О3О (1О5)	4	14	–
		Св. 12 до 1ОО включ.				25 (2,5)
ВТ3–1	Отожженные	От 1О до 12 включ.	93О (95)	8	2О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.		8	2О	3О (3,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.		6	15	25 (2,5)
ВТ8	Отожженные	От 1О до 12 включ.	98О (1ОО)	8	2О	–
		Св. 12 до 1ОО включ.	98О (1ОО)	8	2О	3О (3,О)
		Св. 1ОО до 15О включ.	93О (95)	6	15	2О (2,О)

Продолжение табл. 6.96

Марка сплава	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
ВТ9	Отожженные	От 10 до 12 включ.	980 (100)	7	16	–
		Св. 12 до 100 включ.	980 (100)	7	16	25 (2,5)
		Св. 100 до 150 включ.	930 (95)	6	15	20 (2,0)
ВТ14	Отожженные	От 10 до 12 включ.	885 (90)	8	22	–
		Св. 12 до 100 включ.	885 (90)	8	22	30 (3,0)
		Св. 100 до 150 включ.	865 (88)	6	15	30 (3,0)
	Закаленные и состаренные	От 10 до 12 включ.	1080 (110)	4	8	–
		Св. 12 до 100 включ.				20 (2,0)
ВТ20	Отожженные	От 10 до 12 включ.	885 (90)	8	20	–
		Св. 12 до 100 включ.		7		30 (3,0)
		Св. 100 до 150 включ.		8		25 (2,5)
ВТ22	Отожженные	От 10 до 12 включ.	1030 (105)	8	20	–
		Св. 12 до 100 включ.		8	16	25 (2,5)
		Св. 100 до 150 включ.		6	14	20 (2,0)

Таблица 6.97

Механические свойства прутков повышенного качества

Марка сплава	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
ВТ1–00	Отожженные	От 10 до 12 включ.	295 – 440 (30 – 45)	25	55	–
		Св. 12 до 100 включ.	295 – 440 (30 – 45)	25	55	120 (12)
		Св. 100 до 150 включ.	265 – 440 (27 – 45)	24	42	60 (6)
ВТ1–0	Отожженные	От 10 до 12 включ.	390 – 540 (40 – 55)	20	50	–
		Св. 12 до 100 включ.	390 – 540 (40 – 55)	20	50	100 (10)
		Св. 100 до 150 включ.	355 – 540 (36 – 55)	19	38	50 (5)
ОТ4–0	Отожженные	От 10 до 12 включ.	490 – 635 (50 – 65)	20	40	–
		Св. 12 до 100 включ.	490 – 635 (50 – 65)		40	70 (7)
		Св. 100 до 150 включ.	440 – 635 (45 – 65)		32	50 (5)
ОТ4–1	Отожженные	От 10 до 12 включ.	590 – 735 (60 – 75)	15	35	–
		Св. 12 до 100 включ.	590 – 735 (60 – 75)	15	35	45 (4,5)
		Св. 100 до 150 включ.	540 – 735 (55 – 75)	13	24	40 (4)

Продолжение табл. 6.97

Марка сплава	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
ОТ4	Отожженные	От 10 до 12 включ.	685 – 885 (70 – 90)	11	30	–
		Св. 12 до 60 включ.	685 – 885 (70 – 90)	11	30	40 (4)
		Св. 60 до 100 включ.	685 – 885 (70 – 90)	10	30	40 (4)
		Св. 100 до 150 включ.	635 – 885 (65 – 90)	9	21	35 (3,5)
ВТ5	Отожженные	От 10 до 12 включ.	735 – 930 (75 – 95)	10	25	–
		Св. 12 до 60 включ.	735 – 930 (75 – 95)	10	25	50 (5)
		Св. 60 до 100 включ.	735 – 930 (75 – 95)	10	25	30 (3)
		Св. 100 до 150 включ.	715 – 930 (73 – 95)	6	18	50 (5)
ВТ5–1	Отожженные	От 10 до 12 включ.	785 – 980 (80 – 100)	10	25	–
		Св. 12 до 100 включ.	785 – 980 (80 – 100)	10	25	40 (4)
		Св. 100 до 150 включ.	745 – 980 (76 – 100)	6	18	45 (4,5)
ВТ6	Отожженные	От 10 до 12 включ.	905 – 1050 (92 – 107)	10	30	–
		Св. 12 до 60 включ.	905 – 1050 (92 – 107)	10	30	40 (4)
		Св. 60 до 100 включ.	905 – 1050 (92 – 107)	10	25	30 (3)
		Св. 100 до 150 включ.	835 – 1050 (85 – 107)	6	20	30 (3)
	Закаленные и состаренные	От 10 до 12 включ. Св. 12 до 60 включ. Св. 60 до 100 включ.	Не менее 1080 (110)	6	20	– 30 (3) 25 (2,5)
ВТ6С	Отожженные	От 10 до 12 включ.	835 – 980 (85 – 100)	10	30	–
		Св. 12 до 60 включ.	835 – 980 (85 – 100)	10	30	40 (4)
		Св. 60 до 100 включ.	835 – 980 (85 – 100)	10	25	40 (4)
		Св. 100 до 150 включ.	755 – 980 (77 – 100)	7	22	40 (4)
	Закаленные и состаренные	От 10 до 12 включ. Св. 12 до 100 включ.	Не менее 1030 (105)	6	20	– 30 (3)
ВТ3–1	Отожженные	От 10 до 12 включ.	980 – 1230 (100 – 125)	10	30	–
		Св. 12 до 60 включ.	980 – 1230 (100 – 125)	10	30	30 (3)
		Св. 60 до 100 включ.	980 – 1180 (100 – 120)	10	25	30 (3)
		Св. 100 до 150 включ.	930 – 1180 (95 – 120)	8	20	30 (3)
	Закаленные и состаренные	От 10 до 12 включ. Св. 12 до 40 включ. Св. 40 до 60 включ.	Не менее 1180 (120)	6	20 20 16	– 20 (2) 18 (1,8)

Продолжение табл. 6.97

Марка сплава	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
ВТ8	Отожженные	От 1О до 12 включ.	98О – 123О (1ОО – 125)	9	3О	–
		Св. 12 до 6О включ.	98О – 123О (1ОО – 125)	9	3О	3О (3)
		Св. 6О до 1ОО включ.	98О – 118О (1ОО – 12О)	9	25	3О (3)
		Св. 1ОО до 15О включ.	93О – 118О (95 – 12О)	7	19	3О (3)
ВТ9	Отожженные	От 1О до 12 включ.	1О3О – 123О (1О5 – 125)	9	3О	–
		Св. 12 до 5О включ.	1О3О – 123О (1О5 – 125)	9	3О	3О (3)
		Св. 5О до 1ОО включ.	1О3О – 123О (1О5 – 125)	9	25	3О (3)
		Св. 1ОО до 15О включ.	98О – 123О (1ОО – 125)	7	16	3О (3)
ВТ14	Отожженные	От 1О до 12 включ.	885 – 1О8О (9О – 11О)	1О	35	–
		Св. 12 до 3О включ.	885 – 1О8О (9О – 11О)	1О	35	5О (5)
		Св. 3О до 6О включ.	885 – 1О8О (9О – 11О)	1О	35	5О (5)
		Св. 6О до 1ОО включ.	885 – 1О8О (9О – 11О)	9	3О	5О (5)
		Св. 1ОО до 15О включ.	865 – 1О8О (88 – 11О)	8	25	45 (4,5)
	Закаленные и состаренные	От 1О до 12 включ.	Не менее 11ОО (112)	6	12	–
		Св. 12 до 6О включ.	Не менее 11ОО (112)	6	12	25 (2,5)
		Св. 6О до 1ОО включ.	Не менее 1О8О (11О)	4	8	2О (2)
ВТ2О	Отожженные	От 1О до 12 включ.	93О – 113О (95 – 115)	1О	25	–
		Св. 12 до 25 включ.	93О – 113О (95 – 115)	1О	25	3О (3)
		Св. 25 до 1ОО включ.	93О – 113О (95 – 115)	1О	25	4О (4)
		Св. 1ОО до 15О включ.	885 – 113О (9О – 115)	8	2О	3О (3)
ВТ22	Отожженные	От 1О до 12 включ.	1О8О – 123О (11О – 125)	1О	3О	–
		Св. 12 до 35 включ.	1О8О – 123О (11О – 125)	1О	3О	3О (3)
		Св. 35 до 6О включ.	1О8О – 123О (11О – 125)	9	25	3О (3)
		Св. 6О до 1ОО включ.	1О8О – 128О (11О – 13О)	8	18	25 (2,5)
		Св. 1ОО до 15О включ.	1О8О – 128О (11О – 13О)	7	17	25 (2,5)

Продолжение табл. 6.97

Марка сплава	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость KCU, Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
			не менее			
ВТ22	Закаленные и состаренные	От 10 до 12 включ.	Не менее 1280 (130)	7	18	–
		Св. 12 до 40 включ.		7	18	20 (2)
		Св. 40 до 60 включ.		6	16	18 (1,8)

Прутки подразделяют:

1) по качеству:

обычного качества (обозначают маркой титана или титанового сплава);

повышенного качества – ПК;

2) по точности изготовления:

нормальной точности;

повышенной точности – П.

В табл. 6.98 приведены предельные отклонения, площадь поперечного сечения и теоретическая масса 1 м прутка.

Таблица 6.98

Предельные отклонения, площадь поперечного сечения и теоретическая масса 1 м прутка

Номинальный диаметр, мм	Предельные отклонения по диаметру прутка, см		Площадь поперечного сечения, см^2		Теоретическая масса 1 м прутка, кг	
	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности
10	+0,4	–	0,770	–	0,346	-
12	–0,6	–0,6	1,112	1,075	0,500	0,484
14	+0,6	–0,8	1,518	1,453	0,663	0,653
16	–0,8	–0,8	1,986	1,911	0,894	0,860
18			2,517	–	1,132	-
20			3,064	3,079	1,379	1,386
22			3,715	3,733	1,672	1,680
25			4,811	4,831	2,165	2,174
28			6,048	6,070	2,722	2,731
30	+1,0	+0,6	6,951	6,975	3,128	3,139
32	–1,5	–1,0	7,917	7,942	3,563	3,574
35			9,484	9,512	4,268	4,280
38			11,192	11,222	5,037	5,050
40			12,410	12,441	5,584	5,599
42			13,690	13,723	6,161	6,175
45			15,728	15,763	7,078	7,094
48			17,908	17,945	8,058	8,075
50			19,244	19,322	8,660	8,695
52	+1,0	+0,6	20,830	20,912	9,374	9,410
55	–2,0	–1,4	23,328	23,414	10,498	10,536
60			27,805	27,899	12,512	12,554

Продолжение табл. 6.98

Номинальный диаметр, мм	Предельные отклонения по диаметру прутка, см		Площадь поперечного сечения, см^2		Теоретическая масса 1 м прутка, кг	
	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности	нормальной точности	повышенной точности
65			32,675	32,928	14,7О4	14,818
7О	+1,5	+1,О	37,937	38,21О	17,О72	17,195
75	–2,5	–1,5	43,592	43,885	19,616	19,748
8О			49,639	49,952	22,338	22,478
85			56,745	56,745	25,535	25,535
9О	+/– 2,О	+/– 1,5	63,617	63,617	28,628	28,628
1ОО			78,54О	78,54О	35,343	35,343
11О		–	95,О33	–	42,765	–
12О		–	113,О98	–	5О,894	–
13О	+/– 3,О	–	132,733	–	59,73О	–
14О		–	153,938	–	69,272	–
15О		–	176,715	–	79,522	–

Приме чания.

1. Теоретическая масса 1 м прутка вычислена по среднему диаметру при плотности 4,5 г/см^3, что соответствует плотности титана.

2. Прутки диаметром от 65 до 15О мм включительно из титанового сплава ВТ1-2 изготовляются только нормальной точности.

Примеры условных обозначений.

Пруток из титанового сплава марки ОТ4 диаметром 65 мм обычного качества, нормальной точности, немерной длины:

Мруток ОТ4 65 ГОСТ 26492-85.

То же, повышенной точности длиной 15ОО мм:

Мруток ОТ4 65М х 1500 ГОСТ 26492-85.

То же, длиной, кратной (КД) 1ООО мм:

Мруток ОТ4 65М х 1000 КД ГОСТ 26492-85.

Пруток из титанового сплава марки ОТ4 диаметром 65 мм повышенного качества нормальной точности длиной 2ООО мм:

Мруток ОТ4 МК.65 х 2000 ГОСТ 26492-85.

То же, повышенной точности немерной длины:

Мруток ОТ4 МК.65М ГОСТ 26492-85.

То же, длиной, кратной (КД) 1ООО мм:

Мруток ОТ4 МК.65М х 1000 КД ГОСТ 26492-85.

Листы из титана и титановых сплавов (ГОСТ 22178)

Листы подразделяют:

а) по качеству отделки поверхности:

высокой отделки — В, повышенной отделки — П, обычной отделки — без дополнительного обозначения;

б) по отклонению от плоскостности:

улучшенной плоскостности — У, нормальной плоскостности — без дополнительного обозначения.

Толщина листов, предельные отклонения по толщине в зависимости от толщины и ширины листов должны соответствовать указанным в табл. 6.99.

Таблица 6.99

Толщина листов из титана и титановых сплавов

Толщина листа	Предельное отклонение по толщине при ширине листа							
	400	500	600	600*	700	800	1000	1200
0,3	±0,05	±0,05	±0,05	–	–	–	–	–
0,4	±0,05	±0,05	±0,05	–	–	–	–	–
0,5	–	–	+0,05 –0,10	–	–	–	–	–
0,6	–	–	+0,05 –0,10	–	–	–	–	–
0,7	–	–	±0,10	+0,05 –0,10	–	–	–	–
0,8	–	–	±0,10	+0,05 –0,10	±0,10	±0,10	±0,10	–
1,0	–	–	±0,12	+0,06 –0,12	±0,12	±0,12	±0,12	–
1,2	–	–	±0,13	+0,07 –0,13	±0,13	±0,13	±0,13	–
1,5	–	–	+0,13 –0,14	+0,07 –0,14	+0,13 –0,14	+0,13 –0,14	+0,13 –0,14	–
1,8	–	–	+0,13 –0,16	–	+0,13 –0,16	+0,13 –0,16	+0,13 –0,16	–
2,0	–	–	+0,13 –0,17	–	+0,13 –0,17	+0,13 –0,17	+0,14 –0,18	+0,14 –0,18
2,2	–	–	+0,14 –0,18	–	+0,14 –0,18	+0,14 –0,18	+0,14 –0,18	+0,14 –0,18
2,5	–	–	+0,14 –0,18	–	+0,14 –0,18	+0,14 –0,18	+0,15 –0,20	+0,15 –0,20
2,8	–	–	+0,14 –0,18	–	+0,14 –0,18	+0,14 –0,18	+0,15 –0,20	+0,15 –0,20
3,0	–	–	+0,15 –0,20	–	+0,15 –0,20	+0,15 –0,20	+0,16 –0,22	+0,16 –0,22
3,3	–	–	+0,15 –0,20	–	+0,15 –0,20	+0,15 –0,20	+0,16 –0,22	+0,16 –0,22
3,5	–	–	+0,15 –0,22	–	+0,15 –0,22	+0,15 –0,22	+0,16 –0,25	+0,16 –0,25
3,8	–	–	+0,15 –0,22	–	+0,15 –0,22	+0,15 –0,22	+0,16 –0,25	+0,16 –0,25
4,0	–	–	+0,15 –0,23	–	+0,15 –0,23	+0,15 –0,23	+0,16 –0,25	+0,16 –0,25
4,3	–	–	+0,15 –0,23	–	+0,15 –0,23	+0,15 –0,23	+0,16 –0,25	+0,16 –0,25
4,5	–	–	+0,20 –0,25	–	+0,20 –0,25	+0,20 –0,25	+0,22 –0,30	+0,22 –0,30
4,8	–	–	+0,20 –0,25	–	+0,20 –0,25	+0,20 –0,25	+0,22 –0,30	+0,22 –0,30

Продолжение табл. 6.98

Толщина листа	Предельное отклонение по толщине при ширине листа							
	400	500	600	600*	700	800	1000	1200
5,0	–	–	+0,20 –0,26	–	+0,20 –0,26	+0,20 –0,26	+0,22 –0,30	+0,22 –0,30
5,3	–	–	+0,20 –0,26	–	+0,20 –0,26	+0,20 –0,26	+0,22 –0,30	+0,22 –0,30
5,5	–	–	+0,20 –0,27	–	+0,20 –0,27	+0,20 –0,27	+0,22 –0,30	+0,22 –0,30
5,8	–	–	+0,20 –0,27	–	+0,20 –0,27	+0,20 –0,27	+0,22 –0,30	+0,22 –0,30
6,0	–	–	+0,22 –0,28	–	+0,22 –0,28	+0,22 –0,28	+0,25 –0,30	+0,25 –0,30
6,3	–	–	+0,22 –0,28	–	+0,22 –0,28	+0,22 –0,28	+0,25 –0,30	+0,25 –0,30
6,5	–	–	+0,22 –0,28	–	+0,22 –0,28	+0,22 –0,28	+0,25 –0,30	+0,25 –0,30
6,8	–	–	+0,22 –0,28	–	+0,22 –0,28	+0,22 –0,28	+0,25 –0,30	+0,25 –0,30
7,0	–	–	+0,25 –0,32	–	+0,25 –0,32	+0,25 –0,32	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35
7,3	–	–	+0,25 –0,32	–	+0,25 –0,32	+0,25 –0,32	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35
7,5	–	–	+0,25 –0,32	–	+0,25 –0,32	+0,25 –0,32	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35
7,8	–	–	+0,25 –0,32	–	+0,25 –0,32	+0,25 –0,32	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35
8,0	–	–	+0,28 –0,35	–	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35	+0,30 –0,40	+0,30 –0,40
8,3	–	–	+0,28 –0,35	–	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35	+0,30 –0,40	+0,30 –0,40
8,5	–	–	+0,28 –0,35	–	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35	+0,30 –0,40	+0,30 –0,40
8,8	–	–	+0,28 –0,35	–	+0,28 –0,35	+0,28 –0,35	+0,30 –0,40	+0,30 –0,40
9,0	–	–	+0,33 –0,40	–	+0,33 –0,40	+0,33 –0,40	+0,35 –0,45	+0,35 –0,45
9,3	–	–	+0,33 –0,40	–	+0,33 –0,40	+0,33 –0,40	+0,35 –0,45	+0,35 –0,45
9,5	–	–	+0,37 –0,45	–	+0,37 –0,45	+0,37 –0,45	+0,40 –0,50	+0,40 –0,50
9,8	–	–	+0,37 –0,45	–	+0,37 –0,45	+0,37 –0,45	+0,40 –0,50	+0,40 –0,50
10,0	–	–	+0,40 –0,50	–	+0,40 –0,50	+0,40 –0,50	+0,42 –0,55	+0,42 –0,55
10,3	–	–	+0,40 –0,50	–	+0,40 –0,50	+0,40 –0,50	+0,42 –0,55	+0,42 –0,55
10,5	–	–	+0,40 –0,50	–	+0,40 –0,50	+0,40 –0,50	+0,42 –0,55	+0,42 –0,55

Примечание. * Для титана марок ВТ1-00, ВТ-0 и сплава марки ОТ4-0.

Размеры листов в зависимости от марки титана или титанового сплава должны соответствовать указанным в табл. 6.100.

Таблица 6.1ОО

Размеры листов в зависимости от марки титана или титанового сплава

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
ВТ1-ОО ВТ1-О, ОТ4-О, ОТ4-1	От О,3 до О,4 Св. О,4 » 1,2 От О,8 » 1,8 Св. 1,8 » 5,О » 5,О » 7,О » 7,О » 1О,5	4ОО, 5ОО и 6ОО 6ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО и 1ООО 6ОО, 7ОО, 8ОО, 1ООО и 12ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО, 1ООО и 12ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО, 1ООО и 12ОО	От 125О до 2ООО » 125О » 2ООО » 15ОО » 2ООО » 15ОО » 5ООО » 15ОО » 4ООО » 15ОО » 3ООО
ОТ4	От О,5 до О,8 Св. О,8 » 1,8 » 1,8 » 5,О » 5,О » 7,О » 7,О » 1О,5	6ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО, 1ООО и 12ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО, 1ООО и 12ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО, 1ООО и 12ОО	От 15ОО до 2ООО » 15ОО » 2ООО » 15ОО » 5ООО » 15ОО » 4ООО » 15ОО » 3ООО
ВТ5–1, ВТ2О	От О,8 до 1,5 Св. 1,5 » 1О,5	6ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО	15ОО и 2ООО 15ОО и 2ООО
ВТ6, ВТ6С	От 1,О до 1,8 Св. 1,8 » 4,5 » 4,5 » 1О,5	6ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО и 1ООО 6ОО, 7ОО, 8ОО и 1ООО	15ОО и 2ООО 15ОО и 2ООО 15ОО и 2ООО
ВТ14	От О,8 до 1,8 Св. 1,8 » 4,5 » 4,5 » 1О,5	6ОО 6ОО, 7ОО, 8ОО и 1ООО 6ОО, 7ОО, 8ОО и 1ООО	15ОО и 2ООО 15ОО и 2ООО 15ОО и 2ООО

Примечания:

1. Листы из титана марки ВТ1-О толщиной от 2,О мм до 1О,5 мм и шириной 1ООО мм допускается изготовлять шириной, превышающей номинальный размер не более чем на 3О мм.

2. По требованию потребителя листы из сплава марки ВТ2О толщиной от 1,8 до 1О,5 мм изготовляют шириной 1ООО мм.

Листы изготовляют отожженными и правленными или отожженными с последующей прогладкой и правкой.

Механические свойства при растяжении листов повышенной и обычной отделки поверхности должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 6.1О1

Таблица 6.1О1

Механические свойства при растяжении листов повышенной и обычной отделки поверхности.

Марка титана и титановых сплавов	Состояние материала листов при изготовлении	Состояние материала образцов при испытании	Толщина листов, мм	Временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм²)	Относительное удлинение δ, %
				Не менее	
ВТ1-ОО	Отожженное и правленое или отожженное с последующей прогладкой и правкой	В состоянии изготовления листов	От О,3 до 1,8 включ.	295(3О)	3О
			Св. 1,8 » 6,О »		25
			» 6,О » 1О,5 »		2О
ВТ1-О			От О,3 до О,4 включ.	375(38)	25
			Св. О,4 » 1,8 »		3О
			» 1,8 » 6,О »		25
			» 6,О » 1О,5 »		2О
	Без термической обработки с последующей прогладкой и правкой		От 8,О до 1О,5 включ.	375(38)	2О

Продолжение табл. 6.98

Марка титана и титановых сплавов	Состояние материала листов при изготовлении	Состояние материала образцов при испытании	Толщина листов, мм	Временное сопротивление σв, МПа (кгс/мм²)	Относительное удлинение δ, %
				Не менее	
ОТ4-О	Отожженное и правленое или отожженное с последующей прогладкой и правкой	В состоянии изготовления листов	От О,3 до О,4 включ.	47О(48)	25
			Св. О,4 » 1,8 »		3О
			» 1,8 » 6,О »		25
			» 6,О » 1О,5 »		2О
ОТ4–1			От О,3 до О,7 включ.	59О(6О)	25
			Св. О,7 » 1,8 »		2О
			» 1,8 » 6,О »		15
			» 6,О » 1О,5 »		13
ОТ4			От О,5 до 1,О включ.	685(7О)	2О
			Св. 1,О » 1,8 »		15
			» 1,8 » 6,О »		12
			» 6,О » 1О,5 »		1О
ВТ5–1			От О,8 до 1,2 включ.	735(75)	15
			Св. 1,2 » 1,8 »		12
			» 1,8 » 6,О »		1О
			» 6,О » 1О,5 »		8
ВТ6		Отожженное	От 1,О до 1О,5 включ.	885(9О)	8
ВТ6С			От 1,О до 6,О включ.	835 (85)	12
			Св. 6,О » 1О,5 »		1О
		Закаленное и искусственно состаренное	От 1,О до 1О,5 включ.	98О(1ОО)	8
ВТ14		Отожженное	От О,8 до 5,О включ.	885(9О)	8
			Св. 5,О » 1О,5 »	835(85)	8
		Закаленное и искусственно состаренное	От О,8 до 1,5 включ.	1О8О(11О)	5
			Св. 1,5 » 5,О »	118О(12О)	6
			» 5,О » 7,О »	1О8О(11О)	4
			» 7,О » 1О,5 »	11ОО(112)	4
ВТ2О		Отожженное	От О,8 до 1,8 включ.	93О(95)	12
			Св. 1,8 » 4,О »		1О
			Св. 4,О » 1О,5 »		8
		В состоянии изготовления листов	От О,8 до 4,О включ.	98О(1ОО)	9
			Св. 4,О » 1О,5 »		6

Механические свойства при растяжении листов высокой отделки поверхности должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 6.1О2

Таблица 6.1О2

Механические свойства при растяжении листов высокой отделки поверхности.

Марка титана и титановых сплавов	Состояние материала листов при изготовлении	Состояние материала образцов при испытании	Толщина листов, мм	Временное сопротивление єв, МПа (кгс/мм²)	Относительное удлинение δ, %
					Не менее
ВТ1-ОО	Отожженное и правленое или отожженное с последующей прогладкой и правкой	В состоянии изготовления листов	От О,3 до 1,8 включ. Св. 1,8 « 6,О « « 6,О « 1О,5 «	295–44О(3О–45) 295–44О(3О–45) 295–44О(3О–45)	3О 3О 2О
ВТ1-О			От О,3 до О,4 включ. Св. О,4 « 1,8 « « 1,8 « 6,О « « 6,О « 1О,5 «	375–54О(38–55) 375–54О(38–55) 375–54О(38–55) 375–54О(38–55)	25 3О 25 2О
ОТ4-О			От О,3 до О,4 включ. Св. О,4 « 1,8 « « 1,8 « 6,О « « 6,О « 1О,5 «	49О–635(5О–65) 49О–635(5О–65) 49О–635(5О–65) 49О–635(5О–65)	25 3О 25 2О
ОТ4-1			От О,3 до О,7 включ. Св. О,7 « 1,8 « « 1,8 « 6,О « « 6,О « 1О,5 «	59О–785(6О–8О) 59О–785(6О–8О) 59О–785(6О–8О) 59О–785(6О–8О)	25 2О 15 13
ОТ4			От О,5 до 1,О включ. Св. 1,О « 1,8 « « 1,8 « 1О,5 «	685–885(7О–9О) 685–885(7О–9О) 685–885(7О–9О)	2О 15 12
ВТ5-1			От О,8 до 1,2 включ. Св. 1,2 « 1,8 « « 1,8 « 6,О « « 6,О « 1О,5 «	735–93О(75–95) 735–93О(75–95) 735–93О(75–95) 735–93О(75–95)	15 12 1О 8
ВТ6		Отожженное	От 1,О до 1О,5 включ.	885–1О8О(9О–11О)	8
ВТ6С			От 1,О до 6,О включ. Св. 6,О « 1О,5 «	835–98О(85–1ОО) 835–98О(85–1ОО)	12 1О
		Закаленное и искусственно состаренное	От 1,О до 1О,5 включ.	Не менее 1О3О(1О5)	8
ВТ14		Отожженное	От О,8 до 5,О включ. Св. 5,О « 1О,5 «	885–1О5О(9О–1О7) 835–1О5О(85–1О7)	8 8
		Закаленное и искусственно состаренное	От О,8 до 1,5 включ. Св. 1,5 « 5,О « « 5,О « 7,О « « 7,О « 1О,5 «	Не менее 1О8О(11О) « 118О(12О) « 1О8О(11О) « 11ОО(112)	5 6 4 4
ВТ2О		Отожженное	От О,8 до 1,8 включ. Св. 1,8 « 4,О « « 4,О « 1О,5 «	93О–113О(95–115) 93О–118О(95–12О) 93О–118О(95–12О)	12 1О 8
		В состоянии изготовления листов	От О,8 до 4,О включ. Св. 4,О « 1О,5 «	98О–118О(1ОО–12О) 98О–118О(1ОО–12О)	9 6

Примеры условного обозначения:

Лист из титанового сплава марки ОТ4 толщиной 5,О мм, шириной 1ООО мм и длиной 15ОО мм, высокой отделки поверхности (В):

Лист ОТ4 5×1000×1500 ГОСТ 22178-76.В.

То же, повышенной отделки поверхности (П):

Лист ОТ4 5×1000×1500 ГОСТ 22178-76.М.

То же, обычной отделки поверхности:

Лист ОТ4 5×1000×1500 ГОСТ 22178-76.

Лист из титана марки ВТ1-О толщиной 5,О мм, шириной 1ООО мм, длиной 15ОО мм, высокой отделки поверхности (В) и улучшенной плоскостности (У):

Лист ВТ1–0 5×1000×1500 ГОСТ 22178-76 В.У.

Плиты из титана и титановых сплавов (гост 23755)

В табл. 6.1О3 приведены толщина плит и предельные отклонения в зависимости от ширины.
В табл. 6.1О4 приведены размеры плит в зависимости от марки титана или титанового сплава.

Таблица 6.1О3

Толщина плит и предельные отклонения по ней в зависимости от ширины

Толщина плит, мм	Предельные отклонения по толщине плит, при ширине, мм									
	6ОО	7ОО	8ОО	9ОО	1ООО	12ОО	13ОО	14ОО	15ОО	16ОО
11 12 13 14 15 16	±1,О	±1,О	±1,О	±1,О	±1,О	±1,2	±1,2	±1,2	±1,2	±1,2
18 2О 22 25 28 3О 32 35	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5	±1,5
38 4О 45 5О 55 6О	±2,О	±2,О	±2,О	±2,О	±2,О	±2,О	±2,О	±2,О	±2,О	±2,О
7О 8О 9О 1ОО	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5	±2,5
11О 12О 13О 14О 15О	–	–	±3,О	±3,О	±3,О	±3,О	±3,О	±3,О	±3,О	±3,О

Таблица 6.1О4

Размеры плит в зависимости от марки титана или титановых сплавов

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
ВТ1-ОО, ВТ1-О	От 11 до 28 включ.	8ОО, 9ОО, 1ООО, 12ОО, 13ОО, 14ОО 15ОО, 16ОО	 От 1ООО до 7ООО вкл. » 1ООО » 65ОО »
	Св. 28 » 32»	8ОО, 9ОО, 1ООО, 12ОО 13ОО 14ОО, 15ОО, 16ОО	» 1ООО » 7ООО » » 1ООО » 65ОО » » 1ООО » 6ООО »
	» 32 » 35»	8ОО, 9ОО, 1ООО, 12ОО 13ОО 14ОО 15ОО и 16ОО	» 1ООО » 65ОО » » 1ООО » 6ООО » » 1ООО » 55ОО » » 1ООО » 5ООО »
	» 35 » 38»	8ОО, 9ОО, 1ООО, 12ОО 13ОО	» 1ООО » 6ООО » » 1ООО » 55ОО »

Продолжение табл. 6.104

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
		1400	» 1000 » 5000 »
		1500 и 1600	» 1000 » 4500 »
	» 38 » 40 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 5500 »
		1300	» 1000 » 5000 »
		1400 и 1500	» 1000 » 4500 »
		1600	» 1000 » 4000 »
	» 40 » 45 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 5500 »
		1300	» 1000 » 5000 »
		1400 и 1500	» 1000 » 4500 »
		1600	» 1000 » 4000 »
	» 45 » 50 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 5000 »
		1300	» 1000 » 4700 »
		1400 и 1500	» 1000 » 4500 »
		1600	» 1000 » 4000 »
	» 50 » 55 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 4800 »
		1300	» 1000 » 4500 »
		1400 и 1500	» 1000 » 4000 »
		1600	» 1000 » 3800 »
	» 55 » 60 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 4500 »
		1300	» 1000 » 4300 »
		1400	» 1000 » 4000 »
		1500	» 1000 » 3800 »
		1600	» 1000 » 3500 »
	» 60 » 70 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 4000 »
		1300	» 1000 » 3800 »
		1400	» 1000 » 3500 »
		1500	» 1000 » 3400 »
		1600	» 1000 » 3200 »
	» 70 » 80 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3600 »
		1300	» 1000 » 3400 »
		1400	» 1000 » 3200 »
		1500	» 1000 » 3000 »
		1600	» 1000 » 2800 »
	» 80 » 90 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3300 »
		1300	» 1000 » 3100 »
		1400	» 1000 » 2900 »
		1500	» 1000 » 2700 »
		1600	» 1000 » 2500 »
	» 90 » 100 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2900 »
		1300	» 1000 » 2700 »
		1400	» 1000 » 2500 »
		1500	» 1000 » 2300 »
		1600	» 1000 » 2200 »
	» 100 » 120 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2400 »
		1300	» 1000 » 2200 »
		1400	» 1000 » 2100 »
		1500	» 1000 » 1900 »
		1600	» 1000 » 1900 »
	» 120 » 150 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2000 »
		1300	» 1000 » 1800 »
		1400	» 1000 » 1700 »
		1500, 1600	» 1000 » 1500 »

Продолжение табл. 6.1О4

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
	От 11 до 18 включ.	800, 900, 1000, 1200, 1300	От 1000 до 7000 вкл.
	Св. 18 » 20 »	800, 900, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600	» 1000 » 7000 »
	» 20 » 25 »	800, 900, 1000, 1200, 1300	» 1000 » 7000 »
		1400	» 1000 » 6500 »
		1500	» 1000 » 6400 »
		1600	» 1000 » 6000 »
	» 25 » 30 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 6500 »
		1300	» 1000 » 6000 »
		1400	» 1000 » 5700 »
		1500	» 1000 » 5400 »
		1600	» 1000 » 5000 »
	» 30 » 35 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 5500 »
		1300	» 1000 » 5400 »
		1400	» 1000 » 5000 »
		1500	» 1000 » 4600 »
		1600	» 1000 » 4400 »
	» 35 » 40 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 4800 »
		1300	» 1000 » 4500 »
		1400	» 1000 » 4200 »
		1500	» 1000 » 4000 »
		1600	» 1000 » 3700 »
	» 40 » 45 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 4300 »
		1300	» 1000 » 4000 »
		1400	» 1000 » 3700 »
		1500	» 1000 » 3500 »
ОТ4-О, ОТ4-1, ОТ4		1600	» 1000 » 3300 »
	» 45 » 50 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3900 »
		1300	» 1000 » 3600 »
		1400	» 1000 » 3400 »
		1500	» 1000 » 3200 »
		1600	» 1000 » 3000 »
	» 50 » 55 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3500 »
		1300	» 1000 » 3300 »
		1400	» 1000 » 3100 »
		1500	» 1000 » 2900 »
		1600	» 1000 » 2700 »
	» 55 » 60 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3300 »
		1300	» 1000 » 3000 »
		1400	» 1000 » 2800 »
		1500	» 1000 » 2600 »
		1600	» 1000 » 2500 »
	» 60 » 70 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2800 »
		1300	» 1000 » 2600 »
		1400	» 1000 » 2400 »
		1500	» 1000 » 2300 »
		1600	» 1000 » 2100 »
	» 70 » 80 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2400 »
		1300	» 1000 » 2300 »
		1400	» 1000 » 2100 »
		1500	» 1000 » 2000 »
		1600	» 1000 » 1800 »
	» 80 » 90 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2200 »

Продолжение табл. 6.104

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
		1300	» 1000 » 2000 »
		1400	» 1000 » 1900 »
		1500	» 1000 » 1800 »
		1600	» 1000 » 1600 »
	» 90 » 100 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 1900 »
		1300	» 1000 » 1800 »
		1400	» 1000 » 1700 »
		1500	» 1000 » 1600 »
		1600	» 1000 » 1500 »
	» 100 » 120 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 1600 »
		1300	» 1000 » 1500 »
		1400	» 1000 » 1400 »
		1500	» 1000 » 1300 »
		1600	» 1000 » 1200 »
	» 120 » 150 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 1300 »
		1300	» 1000 » 1200 »
		1400	» 1000 » 1100 »
		1500, 1600	1000
ВТ5-1	От 11 до 18 вкл.	600, 700, 800, 900, 1000	От 1000 до 5500 вкл.
		1200	» 1000 » 5000 »
		1300	» 1000 » 4500 »
	Св. 18 » 20 »	600, 700, 800, 900	» 1000 » 5500 »
		1000	» 1000 » 5000 »
		1200	» 1000 » 4500 »
		1300	» 1000 » 4000 »
	» 20 » 25 »	600, 700	» 1000 » 5500 »
		800	» 1000 » 5000 »
		900	» 1000 » 4700 »
		1000	» 1000 » 4200 »
		1200	» 1000 » 3500 »
		1300	» 1000 » 3300 »
	» 25 » 30 »	600, 700	» 1000 » 4500 »
		800	» 1000 » 4400 »
		900	» 1000 » 3900 »
		1000	» 1000 » 3600 »
		1200	» 1000 » 3000 »
		1300	» 1000 » 2800 »
	» 30 » 35 »	600, 700, 800	» 1000 » 3800 »
		900	» 1000 » 3400 »
		1000	» 1000 » 3100 »
		1200	» 1000 » 2600 »
		1300	» 1000 » 2500 »
ВТ6	От 11 до 18 вкл.	800, 900, 1000, 1200, 1300	От 1000 до 7000 вкл.
	Св. 18 » 20 »	800, 900, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600	» 1000 » 7000 »
	» 20 » 25 »	800, 900, 1000, 1200, 1300	» 1000 » 7000 »
		1400	» 1000 » 6500 »
		1500	» 1000 » 6400 »
		1600	» 1000 » 6000 »
	» 25 » 30 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 6500 »
		1300	» 1000 » 6000 »
		1400	» 1000 » 5700 »
		1500	» 1000 » 5400 »

Продолжение табл. 6.104

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
		1600	» 1000 » 5000 »
	» 30 » 35 »	800, 900, 1000, 1200	От 1000 до 5500 вкл.
		1300	» 1000 » 5400 »
		1400	» 1000 » 5000 »
		1500	» 1000 » 4600 »
		1600	» 1000 » 4400 »
	» 35 » 40 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 4800 »
		1300	» 1000 » 4500 »
		1400	» 1000 » 4200 »
		1500	» 1000 » 4000 »
		1600	» 1000 » 3700 »
	» 40 » 45 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 4300 »
		1300	» 1000 » 4000 »
		1400	» 1000 » 3700 »
		1500	» 1000 » 3500 »
		1600	» 1000 » 3300 »
	» 45 » 50 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3900 »
		1300	» 1000 » 3600 »
		1400	» 1000 » 3400 »
		1500	» 1000 » 3200 »
		1600	» 1000 » 3000 »
	» 50 » 55 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3500 »
		1300	» 1000 » 3300 »
		1400	» 1000 » 3100 »
		1500	» 1000 » 2900 »
		1600	» 1000 » 2700 »
ВТ6	» 55 » 60 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 3300 »
		1300	» 1000 » 3000 »
		1400	» 1000 » 2800 »
		1500	» 1000 » 2600 »
		1600	» 1000 » 2500 »
	» 60 » 70 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2800 »
		1300	» 1000 » 2600 »
		1400	» 1000 » 2400 »
		1500	» 1000 » 2300 »
		1600	» 1000 » 2100 »
	» 70 » 80 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2400 »
		1300	» 1000 » 2300 »
		1400	» 1000 » 2100 »
		1500	» 1000 » 2000 »
		1600	» 1000 » 1800 »
	» 80 » 90 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2200 »
		1300	» 1000 » 2000 »
		1400	» 1000 » 1900 »
		1500	» 1000 » 1800 »
		1600	» 1000 » 1600
	» 90 » 100 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 1000 »
		1300	» 1000 » 1800 »
		1400	» 1000 » 1700 »
		1500	» 1000 » 1600 »
		1600	» 1000 » 1500 »
	» 100 » 120 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 1600 »
		1300	» 1000 » 1500 »

Продолжение табл. 6.104

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
ВТ6	» 120 » 150 »	1400 1500 1600 800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500, 1600	» 1000 » 1400 » » 1000 » 1300 » » 1000 » 1200 » » 1000 » 1300 » » 1000 » 1200 » » 1000 » 1100 » » 1000
ВТ14	От 11 до 18 включ. Св. 18 » 20 »	800, 900, 1000, 1200, 1300 800, 900, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600	От 1000 до 7000 вкл. » 1000 » 7000 »
	» 20 » 25 »	800, 900, 1000, 1200, 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 7000 » » 1000 » 6500 » » 1000 » 6400 » » 1000 » 6000 »
	» 25 » 30 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 6500 » » 1000 » 6000 » » 1000 » 5700 » » 1000 » 5400 » » 1000 » 5000 »
	» 30 » 35 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 5500 » » 1000 » 5400 » » 1000 » 5000 » » 1000 » 4600 » » 1000 » 4400 »
	» 35 » 40 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 4800 » » 1000 » 4500 » » 1000 » 4200 » » 1000 » 4000 » » 1000 » 3700 »
	» 40 » 45 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 4300 » » 1000 » 4000 » » 1000 » 3700 » » 1000 » 3500 » » 1000 » 3300 »
	» 45 » 50 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 3900 » » 1000 » 3600 » » 1000 » 3400 » » 1000 » 3200 » » 1000 » 3000 »
	» 50 » 55 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 3500 » » 1000 » 3300 » » 1000 » 3100 » » 1000 » 2900 » » 1000 » 2700 »
	» 55 » 60 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500 1600	» 1000 » 3300 » » 1000 » 3000 » » 1000 » 2800 » » 1000 » 2600 » » 1000 » 2500 »
	» 60 » 70 »	800, 900, 1000, 1200 1300 1400 1500	» 1000 » 2800 » » 1000 » 2600 » » 1000 » 2400 » » 1000 » 2300 »

Продолжение табл. 6.104

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
ВТ14		1600	» 1000 » 2100 »
	» 70 » 80 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2400 »
		1300	» 1000 » 2300 »
		1400	» 1000 » 2100 »
		1500	» 1000 » 2000 »
		1600	» 1000 » 1800 »
	» 80 » 90 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 2200 »
		1300	» 1000 » 2000 »
		1400	» 1000 » 1900 »
		1500	» 1000 » 1800 »
		1600	» 1000 » 1600 »
	» 90 » 100 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 1900 »
		1300	» 1000 » 1800 »
		1400	» 1000 » 1700 »
		1500	» 1000 » 1600 »
		1600	» 1000 » 1500 »
ВТ20	От 11 до 18 вкл.	600, 700, 800, 900, 1000	От 1000 до 5500 вкл.
		1200	» 1000 » 5000 »
		1300	» 1000 » 4500 »
	Св. 18 » 20 »	600, 700, 800, 900	» 1000 » 5500 »
		1000	» 1000 » 5000 »
		1200	» 1000 » 4500 »
		1300	» 1000 » 4000 »
	» 20 » 25 »	600, 700	» 1000 » 5500 »
		800	» 1000 » 5000 »
		900	» 1000 » 4700 »
		1000	» 1000 » 4200 »
		1200	» 1000 » 3500 »
		1300	» 1000 » 3300 »
	» 25 » 30 »	600, 700	» 1000 » 4500 »
		800	» 1000 » 4400 »
		900	» 1000 » 3900 »
		1000	» 1000 » 3600 »
		1200	» 1000 » 3000 »
		1300	» 1000 » 2800 »
	» 30 » 35 »	600, 700, 800	» 1000 » 3800 »
		900	» 1000 » 3400 »
		1000	» 1000 » 3100 »
		1200	» 1000 » 2600 »
		1300	» 1000 » 2500 »
	» 35 » 40 »	600, 700	» 1000 » 3700 »
		800	» 1000 » 3400 »
		900	» 1000 » 3000 »
		1000	» 1000 » 2700 »
		1200	» 1000 » 2300 »
		1300	» 1000 » 2200 »
	» 40 » 45 »	600, 700	» 1000 » 3500 »
		800	» 1000 » 3000 »
		900	» 1000 » 2700 »
		1000	» 1000 » 2400 »
		1200	» 1000 » 2000 »
		1300	» 1000 » 1900 »

Продолжение табл. 6.104

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
ВТ20	» 45 » 50 »	600, 700	» 1000 » 3300 »
		800	» 1000 » 2700 »
		900	» 1000 » 2400 »
		1000	» 1000 » 2200 »
		1200	» 1000 » 1900 »
		1300	» 1000 » 1700 »
	» 50 » 55 »	600, 700	» 1000 » 3200 »
		800	» 1000 » 2500 »
		900	» 1000 » 2200 »
		1000	» 1000 » 2000 »
		1200	» 1000 » 1700 »
		1300	» 1000 » 1600 »
	» 55 » 60 »	600, 700	» 1000 » 2900 »
		800	» 1000 » 2200 »
		900	» 1000 » 2000 »
		1000	» 1000 » 1800 »
		1200	» 1000 » 1500 »
		1300	» 1000 » 1400 »
	» 60 » 70 »	600, 700	» 1000 » 2400 »
		800	» 1000 » 1900 »
		900	» 1000 » 1700 »
		1000	» 1000 » 1500 »
		1200	» 1000 » 1300 »
		1300	» 1000 » 1200 »
	» 70 » 80 »	600, 700	» 1000 » 2200 »
		800	» 1000 » 1700 »
		900	» 1000 » 1500 »
		1000	» 1000 » 1400 »
		1200	» 1000 » 1200 »
		1300	» 1000 » 1100 »
	» 80 » 90 »	600, 700	» 1000 » 1900 »
		800	» 1000 » 1500 »
		900	» 1000 » 1300
		1000	» 1000 » 1200 »
		1200	1000
	» 90 » 100 »	600, 700	» 1000 » 1700 »
		800	» 1000 » 1300 »
		900	» 1000 » 1200 »
		1000	» 1000 » 1100 »
АТ3	От 11 до 18 включ.	800, 900, 1000, 1200, 1300	От 1000 до 7000 вкл.
	Св. 18 » 20 »	800, 900, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500,1600	» 1000 » 7000 »
	» 20 » 25 »	800, 900, 1000, 1200, 1300	» 1000 » 7000 »
		1400	» 1000 » 6500 »
		1500	» 1000 » 6400 »
		1600	» 1000 » 6000 »
	» 20 » 30 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 6500 »
		1300	» 1000 » 6000 »
		1400	» 1000 » 5700 »
		1500	» 1000 » 5400 »
		1600	» 1000 » 5000
	» 30 » 35 »	800, 900, 1000, 1200	» 1000 » 5500 »

Продолжение табл. 6.1О4

Марки титана и титановых сплавов	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
АТ3		13ОО	» 1ООО » 54ОО »
		14ОО	» 1ООО » 5ООО »
		15ОО	» 1ООО » 46ОО »
		16ОО	» 1ООО » 44ОО »
	» 35 » 4О »	800, 900, 1000, 1200	» 1ООО » 48ОО »
		13ОО	» 1ООО » 45ОО »
		14ОО	» 1ООО » 42ОО »
		15ОО	» 1ООО » 4ООО »
		16ОО	» 1ООО » 37ОО »
	» 4О » 45 »	800, 900, 1000, 1200	» 1ООО » 43ОО »
		13ОО	» 1ООО » 4ООО »
		14ОО	» 1ООО » 37ОО »
		15ОО	» 1ООО » 35ОО »
		16ОО	» 1ООО » 33ОО »
	» 45 » 5О »	800, 900, 1000, 1200	» 1ООО » 39ОО »
		13ОО	» 1ООО » 36ОО »
		14ОО	» 1ООО » 34ОО »
		15ОО	» 1ООО » 32ОО »
		16ОО	» 1ООО » 3ООО »
	» 5О » 55 »	800, 900, 1000, 1200	» 1ООО » 35ОО »
		13ОО	» 1ООО » 33ОО »
		14ОО	» 1ООО » 31ОО »
		15ОО	» 1ООО » 29ОО »
		16ОО	» 1ООО » 27ОО »
	» 55 » 6О »	800, 900, 1000, 1200	» 1ООО » 33ОО »
		13ОО	» 1ООО » 3ООО »
		14ОО	» 1ООО » 28ОО »
		15ОО	» 1ООО » 26ОО »
		16ОО	» 1ООО » 25ОО »
ПТ-3В	От 11 до 18 включ.	800, 900, 1000, 1200, 1300	От 1000 до 7000 вкл.
	Св. 18 » 2О »	800, 900, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600	» 1000 » 7000 »
	» 2О » 26 »	800, 900, 1000, 1200, 1300	» 1000 » 7000 »
		1400	» 1000 » 6500 »
		1500	» 1000 » 6400 »
		1600	» 1000 » 6000 »
Сплав 4О	От 11 до 18 включ.	800, 900, 1000, 1200, 1300	От 1000 до 7000 вкл.
	Св. 18 » 2О »	800, 900, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600	» 1000 » 7000 »

Плиты изготовляют мерной длины с интервалом 1ОО мм в пределах длин, предусмотренных табл. 6.1О4.

Механические свойства плит из титана и титановых сплавов приведены в табл. 6.1О5.

Таблица 6.1О5

Механические свойства плит из титана и титановых сплавов

Марка титана и титановых сплавов	Состояние материала плит при изготовлении	Состояние материала образцов при испытании	Толщина плит, мм	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа (кгс·мм^2)	Относительное удлинение δ, %	Поперечное сужение, %	Ударная вязкость МДж/м^2 (кгс·м/см^2)
					не менее		
ВТ1-ОО	Без термической обработки	Без термической обработки	От 11 до 6О Св. 6О » 15О	295-49О (3О-5О)	14 11	28 25	–
ВТ1-О			От 11 до 6О Св. 6О » 15О	37О-57О (38-58) 295-54О (3О-55)	13 1О	27 24	–
ОТ4-О			От 11 до 2О Св. 2О » 6О » 6О » 15О	49О-635 (5О-65)	12 11 1О	18	–
ОТ4-1			От 11 до 2О Св. 2О » 6О » 6О » 15О	59О-735 (6О-75)	1О 9,О 8,О	18 18 14	–
ОТ4			От 11 до 2О Св. 2О » 6О » 6О » 15О	685-885 (7О-9О)	8,О 7,О 6,О	15 13 1О	–
ВТ5-1		Отожженное	От 11 до 35	735-93О (75-95)	6,О	12	–
ВТ6			От 11 до 6О Св. 6О » 1ОО	88О-1О8О (9О-11О) 835-1О3О (8О-1О5)	6,О 6,О	16 12	О,3 (3,О)
ВТ14			От 11 до 6О Св. 6О » 1ОО	835-1О3О (85-1О5)	7,О 6,О	2О 14	–
		Закаленное и состаренное	От 11 до 6О	Не менее 1О8О (11О)	4,О	8,О	–
ВТ2О		Отожженное	От 11 до 6О Св. 6О » 1ОО	93О-113О (95-115) 88О-113О (9О-115)	6,О 5,О	12 1О	О,3 (3,О)
	Отожженное		От 11 до 6О Св. 6О » 1ОО	9ОО-113О (92-115) 88О-113О (9О-115)	6,О 5,О	12 1О	О,3 (3,О) О,3 (3,О)
Сплав 4О							
ПТ-3В			От 11 до 2О	Не более 635 (65)	16	3О	О,8 (8,О)
			От 11 до 14	Не более 88О (9О)	1О	25	О,6 (6,О)
			Св. 14 до 26	Не более 835 (85)	1О	22	О,6 (6,О)
АТ3	Без термической обработки	Без термической обработки	От 11 до 6О	Не менее 59О (6О)	8,О	12	О,45 (4,5)

Приме чание. Показатели предела текучести должны соответствовать для плит из титановых сплавов марки ПТ-3В - не менее 6О кгс/мм^2, сплава 4О - не менее 4О кгс/мм^2.

В табл. 6.1О6 приведена теоретическая масса плит без обрезки продольных кромок, а в табл. 6.1О7 – с обрезкой продольных кромок.

Таблица 6.1О6

Теоретическая масса 1 м плиты без обрезки продольных кромок.

Толщина плиты, мм	Теоретическая масса 1 м плиты (без обрезки продольных кромок), кг									
	Ширина плиты, мм									
	6ОО	7ОО	8ОО	9ОО	1ООО	12ОО	13ОО	14ОО	15ОО	16ОО
Предельное отклонение по ширине +15О										
11	33,413	38,363	43,313	48,263	53,213	63,113	68,О63	73,О13	77,963	82,913
12	36,45О	41,85О	47,25О	52,65О	58,О5О	68,85О	74,25О	79,65О	85,О5О	9О,45О
13	39,488	45,338	51,188	57,О38	62,888	74,588	8О,438	86,288	92,138	97,968
14	42,525	48,825	55,125	61,425	67,725	8О,325	86,625	92,925	99,225	1О5,525
15	45,563	52,313	59,О63	65,813	72,563	86,О63	92,813	99,563	1О6,313	113,О63
16	48,6ОО	55,8ОО	63,ООО	7О,2ОО	77,4ОО	91,8ОО	99,ООО	1О6,2ОО	113,4ОО	12О,6ОО
18	54,675	62,775	7О,875	78,975	87,О75	1О3,275	111,375	119,475	127,575	135,675
2О	6О,75О	69,75О	78,75О	87,75О	96,75О	114,75О	123,75О	132,75О	141,75О	15О,75О
22	66,825	76,725	86,625	96,525	1О6,425	126,225	136,125	146,О25	155,925	165,825
25	75,938	87,188	98,438	1О9,688	12О,938	143,438	154,688	165,938	177,188	188,438
28	85,О5О	97,65О	11О,25О	122,85О	135,45О	16О,65О	173,25О	185,85О	198,45О	211,О5О
3О	91,125	1О4,625	118,125	131,625	145,125	172,125	185,625	199,125	212,625	226,125
32	97,2ОО	111,6ОО	126,ООО	14О,4ОО	154,8ОО	183,6ОО	198,ООО	212,4ОО	226,8ОО	241,2ОО
35	1О6,313	122,О63	137,813	153,563	169,313	2ОО,813	216,563	232,313	248,О63	263,813
38	115,425	132,525	149,625	166,725	183,825	218,О25	235,125	252,225	269,325	286,425
4О	121,5ОО	139,5ОО	157,5ОО	175,5ОО	193,5ОО	229,5ОО	247,5ОО	265,5ОО	283,5ОО	3О1,5ОО
45	136,688	156,938	177,188	197,438	217,688	258,188	278,438	298,688	318,938	339,188
5О	151,875	174,375	196,875	219,375	241,875	286,875	3О9,375	331,875	354,375	376,875
55	167,О63	191,813	216,563	241,313	266,О63	315,563	34О,313	365,О63	389,813	414,563
6О	182,25О	2О9,25О	236,25О	263,25О	29О,25О	344,25О	371,25О	398,25О	425,25О	452,25О
Предельное отклонение по ширине +13О										
7О	7О9,475	24О,975	272,475	3О3,975	335,475	398,475	429,975	461,475	492,975	524,475
8О	239,4ОО	275,4ОО	311,4ОО	347,4ОО	383,4ОО	455,4ОО	491,4ОО	527,4ОО	563,4ОО	599,4ОО
9О	269,325	3О9,825	35О,325	39О,825	431,325	512,325	552,825	593,325	633,825	674,325
1ОО	299,25О	344,25О	389,25О	434,25О	479,25О	569,25О	614,25О	659,25О	7О4,25О	749,25О
11О	-	-	428,175	477,675	527,175	626,175	675,675	725,175	774,675	824,175
12О	-	-	467,1ОО	521,1ОО	575,1ОО	683,1ОО	737,1ОО	791,1ОО	845,1ОО	899,1ОО
13О	-	-	5О6,О25	564,525	623,О25	74О,О25	798,525	857,О25	915,525	974,О25
14О	-	-	544,95О	6О7,95О	67О,95О	796,95О	859,95О	922,95О	985,95О	1О48,95О
15О	-	-	583,875	651,375	718,875	853,875	921,375	988,875	1О56,375	1123,875

Таблица 6.1О7

Теоретическая масса 1 м плиты с обрезкой продольных кромок, кг

Толщина плиты, мм	Теоретическая масса 1 м плиты (с обрезкой продольных кромок)									
	Ширина плиты, мм									
	6ОО	7ОО	8ОО	9ОО	1ООО	12ОО	13ОО	14ОО	15ОО	16ОО
	Предельное отклонение +5О									
11	3О,938	35,888	4О,838	45,788	5О,738	6О,638	65,588	7О,538	75,488	8О,438
12	33,75О	39,15О	44,55О	49,95О	55,35О	66,15О	71,55О	76,95О	82,35О	87,75О
13	36,563	42,413	48,263	54,113	59,963	71,663	77,513	83,363	89,213	95,О63
14	39,375	45,675	51,975	58,275	64,575	77,175	83,475	89,775	96,О75	1О2,375
15	42,188	48,938	55,688	62,438	69,188	82,688	89,438	96,188	1О2,938	1О9,688
16	45,ООО	52,2ОО	59,4ОО	66,6ОО	73,8ОО	88,2ОО	95,4ОО	1О2,6ОО	1О9,8ОО	117,ООО
18	5О,625	58,725	66,825	74,925	83,О25	99,225	1О7,325	115,425	123,525	131,625
2О	56,25О	65,25О	74,25О	83,25О	92,25О	11О,25О	119,25О	128,25О	137,25О	146,25О
22	61,875	71,775	81,675	91,575	1О1,475	121,275	131,175	141,О75	15О,975	16О,875
25	7О,313	81,563	92,813	1О4,О63	115,313	137,813	149,О63	16О,313	171,563	182,813
28	78,75О	91,35О	1О3,95О	116,55О	129,15О	154,35О	166,95О	179,55О	192,15О	2О4,75О
3О	84,375	97,875	111,375	124,875	138,375	165,375	178,875	192,375	2О5,875	219,375
32	9О,ООО	1О4,4ОО	118,8ОО	133,2ОО	147,6ОО	176,4ОО	19О,8ОО	2О5,2ОО	219,6ОО	234,ООО
35	98,438	114,188	129,938	145,688	161,438	192,938	2О8,688	224,438	24О,188	255,938
38	1О6,875	123,975	141,О75	158,175	175,275	2О9,475	226,575	243,675	26О,775	277,875
4О	112,5ОО	13О,5ОО	148,5ОО	166,5ОО	184,5ОО	22О,5ОО	238,5ОО	256,5ОО	274,5ОО	292,5ОО
45	126,563	146,813	167,О63	187,313	2О7,563	248,О63	268,313	288,563	3О8,813	329,О63
5О	14О,625	163,125	185,625	2О8,125	23О,625	275,625	298,125	32О,625	343,125	365,625
55	154,688	179,438	2О4,188	228,938	253,688	3О3,188	327,938	352,688	377,438	4О2,188
6О	168,75О	195,75О	222,75О	249,75О	276,75О	33О,75О	357,75О	384,75О	411,75О	438,75О

Условное обозначение:

Млита ВТ1—00 20×800×1000 ГОСТ 23755-79.

6.6. НИКЕЛЬ И НИКЕЛЕВЫЕ СМЛАВЫ

Никель и никелевые сплавы нашли широкое распространение в химическом аппарато- и машиностроении благодаря своим уникальным коррозионно-стойким и прочностным характеристикам. В качестве полуфабрикатов в химическом аппарато- и машиностроении используется следующий сортамент из никеля и его сплавов: прутки, листы, полосы и ленты.

В табл. 6.1О8 приведены марки никеля, его химический состав и области назначения, в табл. 6.1О9 — марки никелевых сплавов, их химический состав и области назначения, а в табл. 6.11О — марки медно-никелевых сплавов, их химический состав и области назначения.

В табл. 6.111 приведены номинальные диаметры и предельные отклонения в зависимости от диаметра тянутых прутков, а в табл. 6.112 — номинальные диаметры и предельные отклонения в зависимости от диаметра горячекатаных прутков.

В табл. 6.113 приведены механические свойства прутков из никеля.

Таблица 6.1О8

Марки никеля, химический состав и области назначения (ГОСТ 492)

Наименование металла	Марка	Предел	Массовая доля, %																		Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																	Сумма примесей		
			Ni+Co никель + кобальт	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cd кадмий	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	O кислород	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Zn цинк			
Никель полуфабрикатный	НП1	Мин.	99,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока, прутки, ленты, листы и полосы	Для деталей специального назначения
		Макс.	–	0,001	0,001	0,01	0,001	0,015	0,04	0,01	0,002	–	0,001	0,001	0,001	0,001	0,03	0,001	0,005	0,1		
	НП2	Мин.	99,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока, прутки, ленты, листы и полосы	Для приборостроения и машиностроения
		Макс.	–	0,002	0,002	0,1	0,002	0,1	0,1	0,1	0,05	–	0,002	0,002	0,005	0,002	0,15	0,002	0,007	0,5		
	НП3	Мин.	99,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока, прутки, ленты, листы и полосы	Для приборостроения и машиностроения
		Макс.	–	–	–	0,15	–	0,15	0,15	0,1	0,2	–	–	–	0,015	–	0,15	–	–	0,7		
	НП4	Мин.	99,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока, прутки, ленты, листы и полосы	Для приборостроения и машиностроения
		Макс.	–	–	–	0,1	–	0,15	0,3	0,1	0,2	–	–	–	0,015	–	0,15	–	–	1,0		

Продолжение табл. 6.1О8

Наименование металла	Марка	Предел	Массовая доля, %																			Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																		Сумма примесей		
			Ni+Co никель + кобальт	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cd кадмий	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	O кислород	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Zn цинк			
Никель полуфабрикатный анодный непассивирующийся	НПАН	Мин. Макс.	99,4 –	–	–	–	–	0,01 0,10	– 0,1	–	– 0,05	0,03 0,3	–	–	0,002 0,01	–	– 0,03	–	–	– 0,6	Полосы, овальные стержни	Для электролитического покрытия
Никель полуфабрикатный анодный	НПА1	Мин. Макс.	99,7 –	–	–	– 0,02	–	– 0,1	– 0,1	– 0,1	– 0,1	–	–	–	– 0,005	–	– 0,03	–	–	– 0,3	Полосы, овальные стержни	Для электролитического покрытия
	НПА2	Мин. Макс.	99,0 –	–	–	– 0,1	–	– 0,15	– 0,25	– 0,1	– 0,15	–	–	–	– 0,005	–	– 0,15	–	–	– 1,0	Полосы, овальные стержни	Для электролитического покрытия

Приме чания.

В никеле марки НП2 по согласованию изготовителя с потребителем допускается массовая доля цинка не более 0,02%.

За счет содержания массовой доли никеля допускается массовая доля кобальта: в никеле марки НП2 — не более 0,2%, в никеле марки НП4 — не более 0,6%, в никеле марки НПАН — не более 0,5%, в никеле марки НПА1 — не более 0,15%, в никеле марки НПА2 — не более 0,7%.

Знак «–», проставленный одновременно для верхнего и нижнего пределов массовой доли элемента, обозначает, что данный элемент не нормируется и определяется только по требованию потребителя и в этом случае содержание данной примеси включается в общую сумму примесей.

Примеси, не указанные в настоящей таблице, учитываются в общей сумме примесей.

Примесью следует считать элемент, у которого указан только максимальный предел его содержания.

Марки никелевых сплавов, их химический состав и область назначения (ГОСТ 492)

Таблица 6.1О9

Марки никелевых сплавов, их химический состав и области назначения (ГОСТ 492)

Наименование сплава	Марка	Предел	Массовая доля, %																				Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																					
			Ni+Co никель + кобальт	Al алюминий	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cd кадмий	Cr хром	Cu медь	Fe железо	Mg магний	MN марганец	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	SN олово	ZN цинк	Сумма примесей		
Никель кремнистый	НКО,2	Мин. Макс.	99,4 –	– –	– 0,002	– 0,002	– 0,1	– 0,002	– –	– 0,1	– 0,1	– 0,1	– 0,05	– 0,002	– 0,002	– 0,005	– 0,002	0,15 0,25	– 0,002	– 0,007	– 0,45	Ленты, полосы	Для деталей электротехнических устройств и приборов
Никель марганцевый	НМц1	Мин. Макс.	98,5 –	– –	– –	– –	– 0,05	– –	– –	– 0,1	– 0,1	– 0,05	0,5 1,0	– –	– –	– 0,005	– –	– 0,1	– –	– –	– –	–	Сетки управления ртутных выпрямителей
Никель марганцевый	НМц2	Мин. Макс.	97,1 –	– –	– –	– –	– 0,05	– –	– –	– 0,2	– 0,3	– 0,1	1,0 2,3	– –	– –	– 0,005	– –	– 0,2	– –	– –	– –	–	Термически низконагруженные части электронных ламп повышенной прочности, держатели сеток и пр.
Никель марганцевый	НМц2,5	Мин. Макс.	Ост. –	– –	– 0,03	– 0,002	– 0,1	– –	– –	– 0,2	– 0,4	– 0,1	2,3 3,3	– 0,01	– 0,002	– 0,015	– 0,002	– 0,3	– –	– –	– 1,5	Проволока	Для свечей автомобильных, авиационных и тракторных двигателей
Никель марганцевый	НМц5	Мин. Макс.	Ост. –	– –	– 0,03	– 0,002	– 0,15	– –	– –	– 0,2	– 0,65	– 0,1	4,6 5,4	– 0,02	– 0,002	– 0,015	– 0,002	– 0,3	– –	– –	– 2,0	Проволока	Для свечей автомобильных, авиационных и тракторных двигателей, для радиоламп

Продолжение табл. 6.1О9

Наименование сплава	Марка	Предел	Массовая доля, %																				Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																			Сумма примесей		
			Ni+Co никель + кобальт	Al алюминий	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cd кадмий	Cr хром	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Zn цинк			
Алюмель	НМцАК2-2-1	Мин. Макс.	Ост., в том числе кобальт О,6–1,2 –	1,6 2,4	– 0,002	– 0,002	– О,1	–	– –	– О,25	– О,3	– 0,05	1,8 2,7	– 0,005	– 0,002	– 0,01	– 0,002	О,85 1,5О	–	–	– О,7	Прово-лока	Для термопар
Хромель Т	НХ9,5	Мин. Макс.	Ост., в том числе кобальт О,6–1,2 –	– О,15	– 0,002	– 0,002	– О,2	–	9,О 1О,О	– О,25	– О,3	– 0,05	– О,3	– 0,003	– 0,002	– 0,01	– 0,002	– О,4	–	–	– 1,4	Прово-лока	Для термопар
Хромель К	НХ9	Мин. Макс.	Ост., в том числе кобальт О,4–1,2 –	– О,15	– 0,002	– 0,002	– О,2	–	8,5 1О,О	– О,25	– О,3	– 0,05	– О,3	– 0,003	– 0,002	– 0,01	– 0,002	– О,4	–	–	– 1,4	Прово-лока	Для компенсаци-онных проводов
Хромель ТМ	НХМ9,5	Мин. Макс.	Ост. –	– О,15	– 0,002	– 0,002	– О,2	–	9,О 1О,О	– О,25	– О,3	– 0,05	– О,3	– 0,003	– 0,002	– 0,01	– 0,002	О,1 О,6	–	–	– 1,4	Прово-лока	Для термопар
Хромель КМ	НХМ9	Мин. Макс.	Ост. –	– О,15	– 0,002	– 0,002	– О,2	–	8,5 1О,О	– О,25	– О,3	– 0,05	– О,3	– 0,003	– 0,002	– 0,01	– 0,002	О,1 О,6	–	–	– 1,4	Прово-лока	Для компенсаци-онных проводов

Приме чания.

1. В марках сплавов НМц1, НМц2, НМц2,5, НМц5 допускается массовая доля кобальта не более О,5% за счет содержания массовой доли никеля.

2. Общая массовая доля примесей свинца, цинка, кадмия, мышьяка, сурьмы, висмута и фосфора в сплавах НМц1 и НМц2 не должна превышать О,ОО8%, в том числе массовая доля цинка – О,ОО2%.

3. Знак «–», проставленный одновременно для верхнего и нижнего пределов массовой доли элемента, обозначает, что данный элемент не нормируется и определяется только по требованию потребителя и в этом случае содержание данной примеси включается в общую сумму примесей.

4. Примеси, не указанные в настоящей таблице, учитываются в общей сумме примесей.

5. Примесью следует считать элемент, у которого указан только максимальный предел его содержания.

Таблица 6.11О

Марки медно-никелевых сплавов, их химический состав и области назначений (ГОСТ 492)

Наименование сплава	Марка	Предел	Массовая доля, %																			Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																		Сумма примесей		
			Ni +Co никель+ кобальт	Al алюминий	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	O кислород	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Ti титан	Zn цинк			
Копель	МНМц43–0,5	Мин.	42,5	–	–	–	–	Ост.	–	–	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока	Для термопар и компенсационных проводов
		Макс.	44,0	–	0,002	0,002	0,1	–	0,15	0,05	1,0	–	0,002	0,002	0,01	0,002	0,1	–	–	–	0,6		
Константан	МНМц40–1,5	Мин.	39,0	–	–	–	–	Ост.	–	–	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока, полосы, ленты	Для электротехнических целей и компенсационных проводов
		Макс.	41,0	–	0,01	0,002	0,1	–	0,5	0,05	2,0	–	0,005	0,005	0,02	0,002	0,1	–	–	–	0,9		
Манганин	МНМц3–12	Мин.	2,5	–	–	–	–	Ост.	–	–	11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Листы, проволока	Для электротехнических целей, измерительных приборов
		Макс.	3,5	–	0,005	0,002	0,05	–	0,5	0,03	13,5	–	0,005	0,02	0,02	0,002	0,1	–	–	–	0,9		
Манганин	МНМцАЖ3–12–0,3–0,3	Мин.	2,5	0,2	–	–	–	Ост.	0,2	–	11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока	Для компенсационных проводов
		Макс.	3,5	0,4	–	–	–	–	0,5	–	13,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4		
Сплав ТП	МН0,6	Мин.	0,57	–	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока	Для компенсационных проводов
		Макс.	0,63	–	0,002	0,002	0,002	–	0,01	–	–	–	0,002	0,005	0,005	0,002	0,002	–	–	–	0,1		

Продолжение табл. 6.11О

Наименование сплава	Марка	Предел	Массовая доля, %																				Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																			Сумма примесей		
			Ni +Co никель+ кобальт	Al алюминий	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	O кислород	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Ti титан	Zn цинк			
Сплав	МН95–5	Мин.	4,4	–	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Листы, трубы, прутки	Изделия в машиностроительной промышленности
		Макс.	5,0	–	0,01	0,002	0,03	–	0,2	–	–	0,1	0,02	0,01	0,01	0,005	–	–	–	–		0,5		
Мельхиор (Сплав ТБ)	МН16	Мин.	15,3	–	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Проволока	Для компенсационных проводов
		Макс.	16,3	–	0,002	0,002	0,03	–	0,05	0,05	–	–	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	–	–	–		0,2		
Мельхиор	МН19	Мин.	18,0	–	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Ленты, полосы, прутки, трубы	Плакировочный материалдля медицинских инструментов, точная механика
		Макс.	20,0	–	0,01	0,002	0,05	–	0,5	0,05	0,3	–	0,01	0,005	0,01	0,005	0,15	–	–	0,3		1,5		
Мельхиор	МН25	Мин.	24,0	–	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Листы, полосы, ленты, прутки, трубы	Монеты, декоративные изделия
		Макс.	26,0	–	–	–	0,05	–	0,5	–	0,5	–	–	0,005	0,01	–	–	–	–	0,3		1,3		
Мельхиор	МНЖМц30–1–1	Мин.	29,0	–	–	–	–	Ост.	0,5	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Полосы, ленты, трубы	Конденсаторные трубы, маслоохладители, трубные доски кондиционеров в приборостроении
		Макс.	33,0	–	–	–	0,05	–	1,0	–	1,0	–	0,01	0,05	0,01	–	0,15	–	–	0,5		0,6		
Мельхиор	МНЖМЦ10-1-1	Мин.	9,0	–	–	–	–	Ост.	1,0	–	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Трубы	Конденсаторные трубы, трубные доски кондиционеров в приборостроении
		Макс.	11,0	–	–	–	0,03	–	2,0	–	1,0	–	–	0,03	0,03	–	–	–	–	0,3		0,5		

Продолжение табл. 6.11О

Наименование сплава	Марка	Предел	Массовая доля, %																				Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																			Сумма примесей		
			Ni +Co никель+ кобальт	Al алюминий	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	O кислород	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Ti титан	Zn цинк			
Сплав	МНЖ5-1	Мин.	5,0	–	–	–	–	Ост.	1,0	–	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Листы, трубы, прутки	Трубопроводы, детали для электротехники и приборостроения
		Макс.	6,5	–	0,01	0,002	0,03	–	1,4	–	0,8	–	0,04	0,005	0,01	0,005	0,15	0,1	–	0,5	0,7		
Сплав	МНЖКТ5-1-0,2-0,2	Мин.	5,0	–	–	–	–	Ост.	1,0	–	0,3	–	–	–	–	–	0,15	–	0,1	–	–	Прово-лока	Для сварки, наплавки и пайки
		Макс.	6,5	–	–	–	0,03	–	1,4	–	0,8	–	–	0,005	–	–	0,30	–	0,3	0,5	0,7		
Куниаль А	МНА13–3	Мин.	12,0	2,3	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Прутки	Для изделий повышенной прочности в машиностроении
		Макс.	15,0	3,0	–	–	–	–	1,0	–	0,5	–	–	0,002	–	–	–	–	–	–	1,9		
Куниаль Б	МНА6–1,5	Мин.	5,5	1,2	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Полосы	Для пружин и других изделий в электротехнической промышленности
		Макс.	6,5	1,8	–	–	–	–	0,5	–	0,2	–	–	0,002	–	–	–	–	–	–	1,1		
Монель	НМЖМц28–2,5–1,5	Мин.	Ост.	–	–	–	–	27,0	2,0	–	1,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Листы, полосы, ленты, прово-лока	Для антикоррозионных деталей
		Макс.	–	–	0,01	0,002	0,2	29,0	3,0	0,1	1,8	–	0,01	0,003	0,01	0,002	0,05	–	–	–	0,6		

Продолжение табл. 6.11О

Наименование сплава	Марка	Предел	Массовая доля, %																			Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																		Сумма примесей		
			Ni +Co никель+ кобальт	Al алюминий	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	O кислород	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Ti титан	Zn цинк			
Нейзильбер	МНЦ12–24	Мин.	11,0	–	–	–	–	62,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Ост.	–	Листы, полосы, ленты, прутки, профили, трубы, проволока	Корпуса для часов, горячепрессованные детали
		Макс.	13,0	–	–	–	–	66,0	0,3	–	–	–	–	0,05	–	–	–	–	–	–	0,6		
Нейзильбер	МНЦ15–20	Мин.	13,5	–	–	–	–	Ост.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18,0	–	Полосы, ленты, трубы, прутки, проволока	Пружины реле, Детали для электротехники, детали, получаемые глубокой вытяжкой; столовые приборы, художественные изделия
		Макс.	16,5	–	0,01	0,002	0,03	–	0,3	0,05	0,3	–	0,005	0,02	0,01	0,002	0,15	–	–	22,0	0,9		
Нейзильбер	МНЦ18–20	Мин.	17,0	–	–	–	–	60,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Ост.	–	Листы, полосы, ленты, прутки, проволока	Пружины реле, детали, получаемые глубокой вытяжкой; столовые приборы, художественные изделия
		Макс.	19,0	–	–	–	–	64,0	0,3	–	0,5	–	–	0,03	–	–	–	–	–	–	0,6		
Нейзильбер	МНЦ18–27	Мин.	17,0	–	–	–	–	53,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Ост.	–	Листы, полосы, ленты, прутки, профили, трубы, проволока	Корпуса для часов, горячепрессованные детали
		Макс.	19,0					56,0	0,3		0,5			0,05						–	0,6		

Продолжение табл. 6.11О

Наименование сплава	Марка	Предел	Массовая доля, %																			Вид изделия	Примерное назначение
			Элемент																		Сумма примесей		
			Ni +Co никель+ кобальт	Al алюминий	As мышьяк	Bi висмут	C углерод	Cu медь	Fe железо	Mg магний	Mn марганец	O кислород	P фосфор	Pb свинец	S сера	Sb сурьма	Si кремний	Sn олово	Ti титан	Zn цинк			
Свинцовистый нейзильбер	МНЦС16–29–1,8	Мин. Макс.	15,0 16,5	–	–	–	–	51,0 55,0	–	–	–	–	–	1,6 2,0	–	–	–	–	–	Ост. –	– 1,0	Полосы	Изделия часовой промышленности

Приме чания.

1. В сплавах марок МН19, МН25, МНЖМц10-1-1, МНЖМц30-1-1, МНЖ5-1, МНЦ12-24, МНЦ15-20, МНЦ18-27, МНЦ18-20 допускается массовая доля кобальта не более 0,5% за счет массовой доли никеля, которая не учитывается в общей сумме примесей. Массовая доля кобальта, превышающая 0,5%, учитывается в общей сумме примесей.
2. В сплавах марок МН25, МНЖМц10-1-1, МНЦ12-24, МНЦ18-27, МНЦ18-20 по согласованию с потребителем допускается определение массовой доли примесей кремния, магния, мышьяка, висмута, фосфора, олова, сурьмы.
3. В сплавах марок МН19, МНЦ15-20, МНЖМц30-1-1 допускается определение массовой доли олова.
4. В мельхиоре марки МН19, применяемом для изготовления монет, допускается повышение содержания массовой доли марганца или железа более указанного в настоящей таблице, но при этом сумма их не должна превышать 1,3%. В мельхиоре марки МН19, применяемом для изготовления лент специального назначения, устанавливается следующее содержание примесей: массовая доля марганца — не более 0,01%, магния — не более 0,01%, кремния — не более 0,15%, железа — не более 0,3% и сумма примесей — не более 0,6%.
5. В константане марки МНМц40-1,5, применяемом в электронной технике, содержание массовой доли цинка должно быть не более 0,03%.
6. В сплаве марки МНЖ5-1 и мельхиоре марки МН19 допускается массовая доля свинца не более 0,05%.
7. В мельхиоре марки МН19 по согласованию с потребителем допускается содержание массовой доли фосфора не более 0,02%.
8. Знак «–», проставленный одновременно для верхнего и нижнего пределов массовой доли элемента, обозначает, что данный элемент не нормируется и определяется только по требованию потребителя и в этом случае содержание данной примеси включается в общую сумму примесей.
9. Примеси, не указанные в настоящей таблице, учитываются в общей сумме примесей.
10. Примесью следует считать элемент, у которого указан только максимальный предел его содержания.

Прутки из никеля и никелевых сплавов

Таблица 6.111

Номинальный диаметр и предельные отклонения тянутых прутков из никеля (ГОСТ 13083)

Номинальный диаметр, мм	Предельное отклонение по номинальному диаметру прутков, мм		
	высокой точности	повышенной точности	нормальной точности
5,0 5,5 6,0	0 –0,05	0 –0,08	0 –0,16
6,5 7,0 7,5	0 –0,06	0 –0,10	0 –0,20
8,0 8,5 9,0 9,5 10,0	0 –0,06	0 –0,10	0 –0,20
11,0 12,0 13,0 14,0 15,0 16,0 17,0 18,0	–	0 –0,12	0 –0,24
19,0 20,0 21,0 22,0 23,0 24,0 25,0 26,0 27,0 28,0 30,0	–	0 –0,14	0 –0,28
32,0 34,0 36,0 38,0 40,0	–	0 –0,17	0 –0,34

Таблица 6.112

Номинальный диаметр и предельные отклонения в зависимости от диаметра горячекатаных прутков (ГОСТ 13083)

Номинальный диаметр, мм	Предельное отклонение по номинальному диаметру прутков, мм
42 45 48 50	0 – 1,6
55 60 70 80	0 – 1,9
90	0 – 2,2

По длине прутки изготовляют:
немерной длины:
тянутые – от 1,5 до 4 м;
катаные: диаметром до 6О мм — от 1,О до 3,О м;
диаметром св. 6О мм — от О,7 до 1,4 м;
мерной длины или кратной мерной — в пределах немерной длины с предельным отклонением +15 мм.

В партии прутков немерной длины допускаются укороченные прутки в количестве не более 15% от сдаваемой партии (по массе): тянутые прутки должны быть длиной не менее 1 м, катаные прутки диаметром до 6О мм — не менее О,7 м, диаметром св. 6О мм — не менее О,5 м.

По согласованию изготовителя с потребителем тянутые прутки диаметром менее 14 мм допускается поставлять в бухтах. Длина прутков в бухтах должна быть не менее 4 м.

По согласованию изготовителя с потребителем допускается поставлять прутки другой длины.

Таблица 6.113

Механические свойства прутков из никеля

Способ изготовления прутков	Состояние материала	Номинальный диаметр прутков	Временное сопротивление, $\sigma_в$, МПа (кгс/мм2)	Относительное удлинение, δ, %	
				δ_{10}	δ_5
			Не менее		
Тянутые	Мягкое	От 5 до 4О	37О (38)	26	3О
	Твердое	» 5 » 4О	54О (55)	3	5
Горячекатаные	–	От 42 до 6О	44О (45)	8	1О
	–	» 7О » 9О	44О (45)	8	1О

Условные обозначения прутков проставляют по схеме:

Знак «Х» в схеме обозначает данные, имеющие более одного значения.

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированные (тянутые) – Д,
горячедеформированные (катаные) – Г;
форма сечения: круглые – КР;
точность изготовления: высокая – В;
повышенная – П,
нормальная – Н;
состояние: мягкое – М,

	твердое – Т;
длина:	немерная – НД,
	кратная мерной – КД,
	мерная – МД;
форма поставки:	в бухтах – БТ.

Примеры условных обозначений прутков:

Пруток холоднодеформированный (тянутый), круглого сечения, нормальной точности изготовления, мягкий, диаметром 1О мм, длиной 3ООО мм из никеля марки НП2:

Мруток ДКРНМ 10 МД 3000 НМ2 ГОСТ 13083–2016.

То же, холоднодеформированный (тянутый), круглого сечения, повышенной точности изготовления, твердый, диаметром 16 мм, длиной кратной 1ООО мм, из марки НП3:

Мруток ДКРМТ 16 КД 1000 НМ3 ГОСТ 13083–2016.

То же, горячедеформированный (катаный), круглого сечения, диаметром 6О мм, немерной длины из кремнистого никеля марки НК О,2:

Мруток ГКР 60 НД НК 0,2 ГОСТ 13083–2016.

Листы и полосы никелевые

Таблица 6.114

Толщина листа и предельные отклонения по толщине (ГОСТ 6235)

<table>
<tr><th rowspan="2">Толщина листа, мм</th><th colspan="3">Предельные отклонения по толщине при ширине листа, мм</th></tr>
<tr><th>5ОО</th><th>6ОО, 7.ОО</th><th>8ОО</th></tr>
<tr><td>5,О</td><td rowspan="3">0
–О,4О</td><td>–</td><td rowspan="3">–</td></tr>
<tr><td>6,О</td><td>0
–О,45</td></tr>
<tr><td>7,О
8,О</td><td>0
–О,5О</td></tr>
<tr><td>9,О</td><td rowspan="2">0
–О,5О</td><td rowspan="2">0
–О,6О</td><td>–</td></tr>
<tr><td>1О,О</td><td rowspan="2">О –
1,О</td></tr>
<tr><td>11,О
12,О
13,О
14,О</td><td>0
–О,8О</td><td>0
–О,9О</td></tr>
<tr><td>15,О
16,О
17,О</td><td>0
–О,9О</td><td>О –
1,О</td><td>О –
1,2</td></tr>
<tr><td>18,О
19,О
2О,О</td><td>О –
1,2</td><td>О –
1,3</td><td>О –
1,5</td></tr>
</table>

Примечание. По требованию потребителя горячекатаные листы изготовляют с более жесткими предельными отклонениями по толщине.

Предельные отклонения по ширине листов должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.115.

Таблица 6.115

Предельные отклонения по ширине листов (ГОСТ 6235)

Ширина листа, мм	Предельные отклонения по ширине при толщине листа, мм	
	От 5,0 до 10,0	От 11,0 до 20,0
500, 600, 700, 800	0 –15	0 –20

Длина листов должна быть равна 500 – 2000 мм.

Листы изготовляют мерной, кратной 100 мм и немерной длины.

Предельные отклонения по длине листов мерной и кратной мерной длины не должны превышать минус 20 мм.

Толщина горячекатаных полос и предельные отклонения по ней должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 6.115.

Таблица 6.115

Толщина горячекатаных полос и предельные отклонения (ГОСТ 6235)

Толщина полосы, мм	Предельные отклонения по толщине полосы, мм
5,0 – 6,0	0 –0,35
7,0 – 8,0	0 –0,40
9,0 – 10,0	0 –0,50
11,0	0 –0,60
12,0	0 –0,70
13,0 – 14,0	0 –0,80
15,0 – 17,0	0 –0,90
18,0 – 20,0	0 –1,20

Примечание. По требованию потребителя горячекатаные полосы изготовляют с более жесткими предельными отклонениями по толщине.

Ширина горячекатаных полос и предельные отклонения по ней должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.116.

Таблица 6.116

ирина горячекатаных полос и предельные отклонения по ней (ГОСТ 6235)

Ширина полосы, мм	Предельные отклонения по ширине при толщине полосы, мм		
	5,0	От 6,0 до 10,0	От 11,0 до 20,0
100, 150, 300	0 – 4,0	0 –10,0	–
100, 150	–	–	0 –15,0
300	–	–	0 –20,0

Примечание. По требованию потребителя горячекатаные полосы изготовляют с более жесткими предельными отклонениями по ширине.

Длина горячекатаных полос должна быть равна 400 – 2000 мм.

Горячекатаные полосы изготовляют мерной, кратной мерной и немерной длины.

Предельные отклонения по длине горячекатаных полос не должны превышать минус 15 мм.

Толщина холоднокатаных полос и предельные отклонения по ней должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.117.

Таблица 6.117

Толщина холоднокатаных полос и предельные отклонения по ней (ГОСТ 6235)

Толщина полосы, мм	Предельные отклонения по толщине полосы, мм
1,0	0 –0,08
1,2	0 –0,09
1,5	0 –0,10
1,8 – 2,0	0 –0,11
2,5 – 3,0	0 –0,12
3,5	0 –0,16
4,0	0 –0,18
4,5 – 5,0	0 –0,20
5,5 – 8,0	0 –0,25
9,0 – 10,0	0 –0,30

Ширина холоднокатаных полос и предельные отклонения по ней должны соответствовать значениям, указанным в табл. 6.118.

Таблица 6.118

Ширина холоднокатаных полос и предельные отклонения по ней (ГОСТ 6235)

Ширина полосы, мм	Предельные отклонения по ширине при толщине полос, мм			
	от 1,0 до 1,5	от 1,5 до 3,0	от 3,5 до 5,5	от 6,0 до 10,0
40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 60, 63, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170	0 – 1	0 – 2	–	–
175, 180, 190, 200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300	0 – 2	0 – 3	0 – 4	0 –10
400	0 – 3	0 – 3	–	–

Длина холоднокатаных полос должна быть равна 400 – 2000 мм.

Холоднокатаные полосы изготовляют мерной, кратной мерной и немерной длины.

Предельные отклонения по длине полос не должны превышать минус 10 мм.

Условные обозначения листов и полос следует указывать по схеме:

Лист, полоса X ПР X X ... XX ... ГОСТ 6235-2О2О

Способ изготовления

Форма сечения

Точность изготовления

Состояние

Размеры

Длина (мерность)

Марка

Обозначение стандарта

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднокатаный — Д,
горячекатаный — Г;
форма сечения: прямоугольная — ПР;
состояние: мягкое — М,
твердое — Т;
длина (мерность): кратная мерной — КД,
немерная — НД.

Вместо отсутствующих данных ставится знак «Х».

Примеры условного обозначения:

Лист горячекатаный толщиной 5,О мм, шириной 5ОО мм, длиной 1ООО мм, из никеля марки НП2:

Лист ГМРХХ 5,0×500×1000 НМ2 ГОСТ 6235-2020.

Полоса горячекатаная толщиной 9,О мм, шириной 15О мм, длиной 15ОО мм, из никеля марки НП3:

Молоса ГМРХХ 9,0×150×1500 НМ3 ГОСТ 6235-2020.

Полоса холоднокатаная толщиной 8,О мм, шириной 1ОО мм, длиной 1ООО мм, из никеля марки НП2:

Молоса ДМРХХ 8,0×100×1000 НМ2 ГОСТ 6235-2020.

Механические свойства листов и полос должны соответствовать указанным в табл. 6.119.

Таблица 6.119

Механические свойства листов и полос (ГОСТ 6235)

Состояние материала	Временное сопротивление, МПа (кгс/мм^2), не менее	Относительное удлинение, %, не менее	Глубина выдавливания (по Эриксену при радиусе пуансона 1О мм), мм, не менее
Горячекатаные	37О (38)	15	–
Мягкие	37О (38)	35	8,5
Твердые	54О (55)	2	–

Ленты из мельхиора, нейзильбера и монеля

В химическом аппаратно- и машиностроении, а также в химической и нефтехимической отраслях промышленности широко используются ленты из мельхиора, нейзильбера и монеля благодаря их высоким антикоррозионным свойствам.

В табл. 6.12О приведены толщина и предельные отклонения лент из данных материалов, в табл. 6.121 — ширина лент и предельные отклонения по ширине, а в табл. 6.122 — механические свойства данных лент.

Таблица 6.12О

Толщина лент и предельные отклонения по толщине

Толщина ленты, мм	Предельное отклонение по толщине при ширине, мм				
	от 1О до 3ОО включ.			св. 3ОО до 6ОО включ.	
	Нормальная точность	Повышенная точность	Высокая точность	Нормальная точность	Повышенная точность
От О,1О до О,13 включ.	–О,О2	–О,О15	–	–О,О4	–
Св. О,13 » О,2О »	–О,О3	–О,О2	–О,О1	–О,О4	–
» О,2О » О,3О »	–О,О3	–О,О2	–О,О1	–О,О5	–
» О,3О » О,45 »	–О,О4	–О,О3	–О,О2	–О,О6	–
» О,45 » О,55 »	–О,О5	–О,О4	–	–О,О7	–О,О6
» О,55 » О,7О »	–О,О6	–О,О5	–	–О,О8	–О,О7
» О,7О » О,9О »	–О,О6	–О,О5	–	–О,О9	–О,О8
» О,9О » 1,2О »	–О,О7	–О,О6	–	–О,11	–О,1О
» 1,2О » 1,4О »	–О,О8	–О,О7	–	–О,12	–О,11
» 1,4О » 1,6О »	–О,О9	–О,О8	–	–О,14	–О,13
» 1,6О » 1,7О »	–О,1О	–О,О8	–	–О,14	–О,13
» 1,7О » 2,ОО »	–О,11	–О,О8	–	–О,15	–О,14

Приме чание.

По требованию потребителя ленты из мельхиора марки МН19 твердого состояния и ленты из нейзильбера марки МНЦ15-2О мягкого и твердого состояний, предназначенные для изделий коммутационной техники, изготовляют высокой точности.

Ширина лент и предельные отклонения по ширине должны соответствовать указанным в табл. 6.121.

Таблица 6.121

Ширина лент и предельные отклонения по ширине (ГОСТ 5187)

Ширина ленты, мм	Предельное отклонение по ширине при толщине, мм			
	до 1,ОО включ.		св. 1,ОО	
	Нормальная точность	Повышенная точность	Нормальная точность	Повышенная точность
От 1О до 175 включ.	–О,5	–О,3	–О,8	–О,5
Св. 175 » 3ОО »	–О,8	–О,3	–1,О	–О,5
» 3ОО » 6ОО »	–1,2	–1,О	–1,6	–1,2

Длина лент должна быть не менее 5 м.

Допускаются ленты меньшей длины, но не менее 1,5 м в количестве не более 1О% массы партии.

По требованию потребителя изготовление лент длиной менее 5 м не допускается.

По требованию потребителя ленты из мельхиора марки МН19 твердого состояния и из нейзильбера марки МНЦ15–2О мягкого и твердого состояний толщиной О,13 – О,45 мм высокой точности, предназначенные для изделий коммутационной техники, изготовляют длиной не менее 7О м.

Таблица 6.122

Механические свойства лент (ГОСТ 5187)

Наименование сплава	Состояние материала	Толщина, мм	Временное сопоставление $\sigma_в$, МПа (кгс/мм2)	Относительное удлинение δ, %, не менее
Мельхиор марки МН19	Мягкое	Менее О,5	Не менее 29О (3О)	22
		О,5 и более		25
	Твердое	Менее О,5	Не менее 39О (4О)	–
		О,5 и более		2,5
Нейзильбер марки МНЦ15–2О	Мягкое	Менее О,5	Не менее 34О (35)	27
		О,5 и более		3О
	Полутвердое	Менее О,5	44О – 54О	2
		О,5 и более	(45 – 55)	4
	Твердое	Менее О,5	54О – 69О	–
		О,5 и более	(55 – 7О)	2
	Особотвердое	Менее О,5	Более 69О (7О)	–
		О,5 и более		
Монель марки НМ-ХМц28-2,5-1,5	Мягкое	Менее О,5	Не менее 44О (45)	22
		О,5 и более		25
	Полутвердое	Менее О,5	Не менее 57О (58)	4
		О,5 и более		6,5

Приме чания:

1. Относительное удлинение лент толщиной О,15 мм и менее не нормируют.

2. По требованию потребителя ленты изготовляют:

– из мельхиора марки МН19 в мягком состоянии с особыми механическими свойствами: с временным сопоставлением не менее 31О МПа (32 кгс/мм2) и относительным удлинением не менее 32% — для лент толщиной менее О,5 мм и не менее 35% — для лент толщиной О,5 мм и более;

– из нейзильбера марки МНЦ15-2О повышенной пластичности относительным удлинением в мягком состоянии не менее 33% — для лент толщиной менее О,5 мм и не менее 36% — для лент толщиной О,5 мм и более, в полутвердом состоянии не менее 6% — для лент толщиной менее О,5 мм и не менее 12% — для лент толщиной О,5 мм и более.

Условные обозначения проставляют по схеме:

Д ПР Х Х ... НД ..... ГОСТ 5187-2ОО3

Лента

Способ изготовления

Форма сечения

Точность изготовления

Состояние

Размеры

Длина

Марка

Особые условия

Обозначение стандартая

При этом используют следующие сокращения:

способ изготовления: холоднодеформированная (холоднокатаная) — Д;
форма сечения: прямоугольная — ПР;
точность изготовления: нормальная точность по толщине:
нормальная точность по ширине — Н,
повышенная точность по ширине — К,
повышенная точность по толщине:
нормальная точность по ширине — И,
повышенная точность по ширине — П,
высокая точность по толщине:
нормальная точность по ширине — З,
повышенная точность по ширине — С;
состояние: мягкое — М,
полутвердое — П,
твердое — Т,
особотвердое — О;
длина: немерная — НД;
особые условия: для изделий коммутационной техники — КТ,
повышенная пластичность — ПЛ,
особые механические свойства — ОМ.

Примеры условных обозначений:

Лента холоднодеформированная, прямоугольная, нормальной точности изготовления по толщине и повышенной точности по ширине, мягкая, толщиной О,6О мм, шириной 2ОО мм, немерная из мельхиора марки МН19:

Лента ДМРКМ 0,60×200 НД МН19 ГОСТ 5187-2003.

Лента холоднодеформированная, прямоугольная, нормальной точности изготовления по толщине и ширине, полутвердая, толщиной 1,2О мм, шириной 3ОО мм, немерная из нейзильбера марки МНЦ15-2О, повышенной пластичности:

Лента ДМРНМ 1,20×300 НД МНЦ15-20 МЛ ГОСТ 5187-2003.

Примерные величины скорости коррозии никеля и никелевых сплавов в различных средах приведены в табл. 6.123 – 6.126.

В табл. 6.127 приведен рекомендуемый сортимент круглых труб из цветных металлов и сплавов.

Таблица 6.123

Скорость коррозии никеля в различных средах

Среда	Концентрация, %	Температура, °С	Скорость коррозии, мм/год
Серная кислота	5	3О	О,О6
	5	6О	О,24
	5	77	О,52
	5	1О2	О,84
	1О	2О	О,О43
	1О	77	О,3
	1О	1О3	3
	2О	2О	О,1
	2О	1О5	2,82
	95	2О	1,8
Соляная кислота	1О	3О	О,3
	2О	3О	1
	3О	3О	2
	О,5	1ОО	7,72
	1	1ОО	17,3
	5	1ОО	146
Фосфорная кислота чистая	Разбавленная	2О	О,3

Продолжение табл. 6.123

Среда	Концентрация, %	Температура, °С	Скорость коррозии, мм/год
То же	85	95	14
Фосфорная кислота неочищенная	Разбавленная	80	20
Сернистая кислота	1% SO_2	20	1,4
Сероводородная вода	Насыщенный раствор	25	0,048
Растворы нейтральных и щелочных солей, серной, соляной, азотной, уксусной и угольной кислот	—	При нагревании	0,013
Хлористый натрий (нейтральный раствор)	Насыщенный раствор	95	0,053
Хлористый алюминий	28—40	102	0,21
Хлористый цинк	8—20	38	0,12
Сернокислый алюминий[1]	25	35	0,015
То же	57	115	1,5
Сернокислый цинк	Насыщенный раствор	105	0,64
Сернокислый марганец	Насыщенный раствор	113	0,074
Хлористый марганец (кислый раствор)	11,5	101	0,22
Четыреххлористый углерод с водным слоем	—	25	0,0005
Двуххлористый этилен с водным слоем	—	25	0,0003
Трехлористый этилен	—	25	0,01
Хлороформ	—	25	0,0015
Уксусная кислота	6	30	0,1
То же	50	20	0,25
»	5	Кипения	0,28
»	50	Кипения	0,48
»	99,9	Кипения	0,364
Жирные кислоты	—	227	0,1
Карболовая кислота	—	53	0,0018
Фруктовые соки:			
помидорный	Натуральный	20	0,3
помидорный	»	90	0,51
лимонный	»	20	0,013
лимонный	»	100	0,36
виноградный	»	20	0,16
виноградный	»	100	0,17

Таблица 6.124

Скорость коррозии мельхиора в различных средах

Среда	Скорость коррозии, мм/год	
	МНЖМц 30-1-1	МН19
Атмосфера промышленных районов:	0,002	0,0022
морская	0,0011	0,001
сельская	0,00035	0,00035
Пресная вода	0,03	0,03
Морская вода	0,13—0,03	—
Паровой конденсат	0,08	0,1
То же, с 30% СО2	0,3	—
Водяной пар (сухой и влажный)	0,0025	—
Азотная кислота (50%-ная), мм/сутки	6,4	—
Соляная кислота при 25 °С:		
2%-ный раствор	2,3—7,6	—
1%-ный раствор	—	0,3
10%-ный раствор	—	0,8

Продолжение табл. 6.124

Среда	Скорость коррозии, мм/год	
	МНХМц 30-1-1	МН19
Серная кислота (10%-ная)	0,08	0,1
Сернистая кислота (насыщенный раствор)	2,5	2,6
Плавиковая кислота:		
38%-ная при 110 °С	0,9	0,9
98%-ная при 38 °С	0,05	0,05
Фтористый водород (безводный)	0,008	0,13
Фосфорная кислота (8%-ная), при 20 °С	0,5	0,58
Уксусная кислота (10%-ная), при 20 °С	0,025	0,028
Лимонная кислота (5%-ная)	—	0,02
Молочная кислота (5%-ная)	—	0,023
Винная кислота (5%-ная)	—	0,019
Жирные кислоты (60%-ные) при 100 °С	0,06	0,066
Водный раствор аммиака (7%-ный) при 30 °С	0,25	0,5
Едкий натр (10—50%-ный) при 100 °С	0,005	0,13

Таблица 6.125

Скорость коррозии монеля в минеральных кислотах

Наименование среды	Концентрация, %	Температура, °С	Скорость коррозии, мм/год
Серная кислота1	5	30	1,246
	5	101	0,066
	10	102	0,061
	20	104	0,19
	50	123	13,16
	75	182	43
	93	295	88,3
Соляная кислота	10	30	2,2
	20	30	3
	30	30	8
	0,5	Кипения	0,74
	1,0	Кипения	1,07
	5,0	Кипения	6,2
Фосфорная кислота2	10	60	0,13
	25	95	0,1
	85	95	0,1
	90	105	0,08
Плавиковая кислота	6	76	0,02
	25	30	0,005
	25	80	0,061
	50	80	0,015
	100	50	0,013
Сернистая кислота	1	20	1,57

Таблица 6.126

Скорость коррозии монеля в органических кислотах и веществах

Среда	Концентрация, %	Температура, °С	Скорость коррозии, мм/год	Примечание
Уксусная кислота	50	20	0,3–0,6	Максимальная коррозия
То же	Ледяная	110	0,33	То же
»	5	Кипения	0,033	Без насыщения воздухом
»	50	»	0,053	То же
»	98	»	0,048	»
То же	99,9	Кипения	0,157	То же
Винная кислота	30	20	0,03	»
Щавелевая кислота	30	20	0,015	—
Лимонная кислота	30	20	0,038	—
Муравьиная кислота	30	20	0,086	—
Томатный сок	Натуральный	20	0,0008	—
То же	То же	20	0,073	При насыщении воздухом
»	»	90	0,28	То же
Лимонный сок	»	20—100	0,013–0,018	
То же	»	20	0,25	При насыщении воздухом
Виноградный сок	Натуральный	20—100	0,05–0,008	Без насыщения воздухом
То же	То же	20	0,12	При насыщении воздухом
Жирные кислоты	–	260	0,1	Олеиновая и стеариновая с водным слоем
Четыреххлористый углерод	–	30	0,003	С водным слоем
Хлороформ	–	30	0,0005	То же
Двуххлористый этилен	–	30	0,0005	»
Трехлористый этилен	–	30	0,018	»

Таблица 6.127

Рекомендуемый сортамент круглых труб из цветных металлов и сплавов

Трубы	Наружный диаметр		Толщина стенки		Длина труб, м	ГОСТ
	Диапазон размеров, мм	Число размеров	Диапазон размеров, мм	Число размеров		
Бронзовые прессованные	42—300	42	5,0—60,0	20	0,5—4,0	1208
Тонкостенные из никеля и никелевых сплавов	0,35—4,5	90	0,05—0,3	6	0,5 и более	13548
Латунные для теплообменных аппаратов	10—50	28	0,8—3,0	6	1,5—12,0	21646
Мельхиоровые для теплообменных аппаратов	10—50	27	0,8—4,0	8	0,5—6,0	10092
Медные	3—360	126	0,5—10,0	17	1,5—6,0	617
Из медно-никелевого сплава МНХ5-1	6—260	61	1,0—10,0	14	1,0—6,0	17217
Из бескислородной меди	75—300	21	22,5—72,5	11	0,5—6,0	15040
Тонкостенные из никеля и никелевых сплавов	1,5—28	48	0,15—0,7	11	1,0—3,0	11383
Прессованные из магниевых сплавов	16—50	20	1,5—3,0	4	2,0—4,0	19441
Бесшовные горячекатаные из сплавов на основе титана	83—480	27	6,0—65,0	60	1,5—6,0	21945
Свинцовые	15—170	100	2,5—10,0	10	Не менее 1,8	167
Манометрические из бронзы БрОФ4-0,25 и латуни Л63	8—22	3	0,2—1,6	19	1,0—3,0	2622
Радиаторные	4—11	8	1,15; 0,2	2	—	529
Латунные	3—195	—	0,5—4,2	—	1,0—6,0	494

6.Z. СВИНЕ¡

Свинец в химическом аппарато- и машиностроении широко применяется для плакирования поверхностей оборудования при переработке высоко агрессивных сред.

В свинце, применяемом для изготовления сплавов и изделий, в которых нормируемые примеси являются компонентами, допускается массовую долю этих примесей не ограничивать и по согласованию изготовителя с потребителем увеличивать их норму до уровня массовой доли в соответствующем сплаве, а марку свинца устанавливать по остальным примесям. Регламентируемая в табл. 6.128 массовая доля свинца должна быть уменьшена на сумму компонентов сплава.

Таблица 6.128

Марки и химический состав

Обозначение марки	Химический состав; %										
	Свинец, не менее	Массовая доля примесей, не более									
		Серебро	Медь	Цинк	Висмут	Мышьяк	Олово	Сурьма	Железо	Магний, кальций и натрий в сумме	Всего
СО	99,992	3·1О	5·1О	О,ОО1	О,ОО4	5·1О	5·1О	5·1О	О,ОО1	О,ОО2	О,ОО8
С1С	99,99	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО5	О,ООО5	О,ООО5	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО1	О,О1
С1	99,985	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО6	О,ООО5	О,ООО5	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО2	О,О15
С2С	99,97	О,ОО2	О,ОО1	О,ОО1	О,О2	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО1	О,ОО3	О,О3
С2	99,95	О,ОО2	О,ОО1	О,ОО1	О,О3	О,ОО2	О,ОО2	О,ОО5	О,ОО2	О,О1О	О,О5
С3	99,9О	О,ОО2	О,ОО2	О,ОО1	О,О6	О,ОО3	О,ОО2	О,ОО5	О,ОО5	О,О2О	О,1О
С3С	99,5О	О,О1	О,О9	О,О7	О,15	О,О5	О,1О	О,2О	О,О1	–	О,5О

Примечания.

В свинце марки СО, предназначенной для производства сурика, массовая доля примеси хрома не должна превышать О,ООО1%. Массовая доля хрома в свинце марки СО гарантируется изготовителем.

Свинец марок С1С, С2С и С3С изготовляют по требованию потребителя.

Свинец изготовляют в виде чушек с плоским основанием или взаимозамыкаемой формы, слитков и блоков.

Чушки изготовляют массой от 3О до 4О кг, блоки — 1, 2 и 3 т. Допускаемые отклонения по массе блоков ±1О%.

Форму и размеры блоков и слитков, а также массу слитков устанавливают по согласованию изготовителя с потребителем.

Поверхность чушек, блоков и слитков свинца должна быть без порошкообразных окислов и посторонних включений (шлака, кирпича и т.п.). Допускаются цвета побежалости, белый налет и усадочные раковины. Чушки, блоки и слитки не должны быть слоистыми.

Каждая чушка, блок и слиток свинца должны иметь маркировку с указанием товарного знака предприятия-изготовителя и номера партии.

Для обозначения марки свинца на чушки, слитки и блоки по торцу наносят несмываемой краской одну полосу следующего цвета:

красного — для марки СО;
зеленого — для марки С1С;
белого — для марки С2С;
желтого — для марки С2;
синего — для марки С3;
коричневого — для марки С3С.

Чушки, блоки и слитки свинца марки С1 краской не маркируют.

На каждом пакете должно быть указано: количество чушек в пакете, порядковый номер пакета, масса нетто.

На каждом блоке и слитке свинца, предназначенном для длительного хранения, на верхней поверхности должны быть указаны порядковый номер блока или слитка и масса нетто.

По согласованию изготовителя с потребителем допускается при формировании чушек в пакеты цветную маркировку наносить только на одну чушку верхнего ряда пакета.

Свинец, предназначенный для экспорта, маркируют в соответствии с заказом-нарядом внешнеторгового объединения.

Допускается наносить на верхнюю поверхность пакета водостойкую цифровую маркировку от руки.

ГЛАВА 7

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

7.1. Неметаллические материалы, применяемые в технологическом аппаратостроении

Химически стойкие неметаллические материалы нашли широкое применение как в качестве самостоятельных конструкционных материалов для изготовления технологической аппаратуры, работающей без давления или под небольшим избыточным давлением, так и в качестве футеровочных материалов для защиты аппаратуры от разрушающего действия агрессивных сред.

В ряде технологических производств применение неметаллических химически стойких материалов позволяет производить замену остродефицитных и дорогостоящих высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов. В других технологических производствах разрушающее действие агрессивной среды на металлы и сплавы столь велико, что применение неметаллических химически стойких конструкционных материалов представляет единственную возможность для осуществления технологического процесса производства химических продуктов.

В табл. 7.1 приводится перечень неметаллических химически стойких материалов, рекомендуемых для технологической аппаратуры и трубопроводов технологических производств.

Таблица 7.1

Рекомендуемые неметаллические материалы для химической аппаратуры и трубопроводов химических производств

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{ст}$, °С	∂, МПа, не более	
Природные кислотоупоры				
Андезит ГОСТ 5050	Горные породы, состоящие из нескольких минералов. Обладают исключительно высокой химической стойкостью против минеральных кислот любых концентраций при любых температурах, включая и высокие. Материал хорошо сопротивляется сжимающим нагрузкам, но неудовлетворительно работает на растяжение и на изгиб	≤ 600	0,07	Абсорбционные башни в производстве соляной и азотной кислот; аппаратура для получения купоросного масла и корпуса электрофильтров в установках для концентрирования серной кислоты. Футеровочный материал для абсорбционных, сушильных и поглотительных башен при нитрозном и контактном способах получения серной кислоты и для аппаратов, подверженных воздействию агрессивных кислот и газов при высоких температурах
Бештаунит		≤ 800		
Гранит украинский и карельский	Горная порода, состоящая из нескольких минералов. Материал отличается меньшей по сравнению с андезитом и бештаунитом химической стойкостью против минеральных кислот	≤ 200		Поглотительные башни в производстве соляной и азотной кислот; аппаратура для производства йода, брома и других агрессивных химических продуктов
Кварцит карельский	Горная порода, состоящая из нескольких минералов. Кислотоупорность материала высокая	≤ 1000		Насадка абсорбционных башен в производстве соляной, азотной и других минеральных кислот
Асбест кислотоупорный (антофиллитовый) ГОСТ 1779	Минерал, имеющий волокнистую структуру, отличается высокой химической стойкостью во многих агрессивных средах и высокой	≤ 600		Сальниковая набивка и прокладочный материал для фланцевых соединений аппаратов и трубопроводов химических производств

Асбест хризотиловый (щелочестойкий) ГОСТ 12871	температуростойкостью. Материал негорюч, обладает низким коэффициентом теплопроводности	≤ 400		Тепловая изоляция химических аппаратов и трубопроводов

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{пт}$, °С	∂, МПа, не более	
Каменное литье				
Диабаз и базальт плавленые ГОСТ 8267	Материал отличается высокой прочностью на истирание и невысокой термостойкостью, вследствие чего футеровочные изделия из него (кирпич, плитки) применяются при ограниченном перепаде температур: в жидкостях до 100°С, в газах до 200°С. Материал устойчив при действии кислот (за исключением плавиковой) и щелочей, растворов солей любых концентраций, полностью непроницаем для агрессивных жидкостей и газовых сред	≤ 200	—	Футеровочный материал для химических аппаратов, работающих в условиях воздействия минеральных кислот средних и высоких концентраций под атмосферным или повышенным давлением (автоклавы, монжусы, реакторы, кристаллизаторы, сатураторы, отстойники, кислотохранилища, травильные ванны и др.)
Керамические кислотоупорные материалы и бетон				
Керамика дунитовая ГОСТ 14192	Прочный теплостойкий материал, не поддающийся истиранию и не пропускающий жидкостей. Материал устойчив против воздействия минеральных кислот (за исключением плавиковой и фосфорной) и органических кислот любой концентрации и щелочных сред концентрации до 2%	≤ 180 (для кислых сред); ≤ 30 (для щелочных сред)	0,07	Реакторы, ванны, сосуды, тарелки колпачковые типа ТТК (для металлических колонных аппаратов) диаметром 300—1800 мм и другая химическая аппаратура, предназначенная для работы с кислыми агрессивными средами любой концентрации с разбавленными растворами щелочей
Керамика кислотоупорная ГОСТ 961	Материал устойчив против воздействия минеральных кислот (за исключением плавиковой и фосфорной) и органических кислот любой концентрации		—	Насадка для колонных аппаратов (кольца Рашига); футеровочные штучные изделия (кирпич, плитка) для антикоррозионной защиты емкостной химической аппаратуры из углеродистой стали и других конструкционных материалов от воздействия агрессивных сред
Керамика шамотно-бентонитовая пористая № 21; 32; 43; 64 ТУ 14-8-162	Материал устойчив против воздействия минеральных кислот (за исключением плавиковой и фосфорной) и органических кислот любой концентрации и щелочных сред концентрации до 10%	≤ 350 (для кислых сред); ≤ 30 (для щелочных сред)		Пористые элементы (цилиндры и диски) для фильтрующих аппаратов, работающих в кислых и щелочных средах
Фарфор твердый кислотоупорный ГОСТ 17612	Прочный теплостойкий материал, не поддающийся истиранию и не пропускающий жидкостей. Материал устойчив против воздействия минеральных кислот (за исключением плавиковой и фосфорной) и органических кислот любой концентрации и щелочных сред концентрации до 10%	≤ 120 (для кислых сред); ≤ 30 (для щелочных сред)	0,07	Реакторы, нутч-фильтры, ванны, сосуды и другие аппараты, предназначенные для работы с кислыми агрессивными средами любой концентрации и с разбавленными растворами щелочей
			0,4	Трубы и фасонные части к ним для трубопроводов химических производств
Фарфор кислотоупорный ГОСТ 17612	Материал устойчив против воздействия минеральных кислот (за исключением плавиковой и фосфорной) и органических кислот любой концентрации	≤ 120 (для кислых сред); ≤ 30 (для щелочных сред)	—	Насадка для колонных аппаратов (кольца Рашига); футеровочные штучные изделия (кирпич, плитка) для антикоррозионной защиты емкостной химической аппаратуры из углеродистой стали и других конструкционных материалов от воздействия агрессивных сред

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{пт}$, °С	δ, МПа, не более	
Бетон кислотоупорный ГОСТ 25246	Смесь кислотоупорных материалов различного гранулометрического состава (андезит, бештаунит, гранит, кварц, щебень, песок, пылевидный наполнитель) с добавлением технического кремнефтористого натрия. Смесь растворяют в 35—38%-ном водном растворе жидкого стекла. Она застывает в прочный бетон, устойчивый во многих минеральных кислотах	—	—	Кислотохранилища, башни для сушки хлористого водорода, кристаллизаторы и другие химические аппараты в производстве минеральных кислот. Футеровочный материал для аппаратов, изготовляемых из углеродистой стали, железобетона и кирпича
Искусственные силикатные материалы				
Стекло силикатное (известково-натриевое) ГОСТ 9553	Материал обладает повышенной хрупкостью и пониженной теплостойкостью, плохо противостоит резким изменениям температуры (растескивается), но устойчив во многих агрессивных средах (кислотах и др.)	≤ 50	—	Бутыли для хранения кислот, водомерные стекла, фонари и смотровые окна химических аппаратов и трубопроводов; трубопроводы химических производств. Футеровочный коррозионностойкий материал для емкостной аппаратуры, изготавливаемой из углеродистой стали и других конструкционных материалов
Стекло боросиликатное (термостойкое) ГОСТ 1663	Материал отличается высокой термической устойчивостью и высокой химической стойкостью в органических и минеральных кислотах (за исключением фосфорной и плавиковой)	≤ 400		
Стекло кварцевое ГОСТ Р 51136	Материал отличается высокой термической устойчивостью и огнеупорностью, что позволяет применять его для аппаратуры, работающей в условиях высоких температур с резкими их перепадами. Стекло устойчиво в органических и минеральных кислотах любых концентраций (за исключением плавиковой и фосфорной), но плохо сопротивляется растворам солей и щелочам	≤ 1000	1,0	Емкостная, колонная и теплообменная сварная и литая химическая аппаратура для производства многих минеральных и органических кислот и различных реактивов. Аппаратура для органического синтеза химических продуктов, органических красителей, лаков, эфиров и пр.; трубопроводы химических производств. Заменитель платиновой аппаратуры
Эмаль кислотоупорная (покрывная) класса I марок Э-1; 17; 141; 143 для покрытия стальной аппаратуры и марки 5а и класса II для покрытия чугунной аппаратуры	Эмали устойчивы при воздействии большинства неорганических и органических кислот и их солей (за исключением технической фосфорной кислоты, содержащей следы фтора, плавиковой и кремнефтористоводородной кислоты), крепких растворов органических кислот и их солей, газов кислотного характера (хлористый водород, сернистый и углекислый газы). Эмали неустойчивы к воздействию расплавов щелочей и щелочных растворов при высоких температурах	≤ 200	0,6	Коррозионностойкий материал для покрытия сварной стальной и литой чугунной технологической аппаратуры, предназначенной для работы со многими средами средней и повышенной агрессивности в производствах химически чистых кислот, солей, красителей, фармацевтических и парфюмерных препаратов, пищевых продуктов, взрывчатых и других веществ
Эмаль химически стойкая класса II (группы А и Б)	Эмаль группы А устойчива при действии слабых растворов органических кислот при температуре кипения, эмаль группы Б — при комнатной температуре			

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		t_{lim}, °С	∂, МПа, не более	
Пластмассы термореактивные				
Фаолит А листы сырые ТУ 6-05-1169; листы отвержденные ТУ 6-05-1169; трубы и фасонные части к ним МН 1808	Кислотоупорная пластическая масса, получаемая на основе жидкой фенолоформальдегидной смолы и кислотостойкого наполнителя — асбеста (фаолит марки А), графита (фаолит марки Т) и кварцевого песка (фаолит марки П). Изделия из сырого фаолита можно формовать при комнатной температуре без применения высокого давления с последующим отверждением (бакелизацией), что позволяет изготовлять из него крупногабаритную аппаратуру, не пользуясь прессами. Фаолит производится как в виде готовых изделий (из отвержденного материала), так и в виде полуфабрикатов — сырых листов, прессованной массы и замазки. Фаолит поддается всем видам механической обработки, хорошо прессуется, склеивается между собой при помощи фаолитовой замазки или замазки арзамит	От 0 до 140	0,06	Абсорбционные и ректификационные колонны, скрубберы, сушильные башни, насадочные колонны, сборники, емкости, кристаллизаторы и другие химические аппараты для сред средней и повышенной агрессивности. Футеровочный материал для емкостной аппаратуры из углеродистой стали
Фаолит Т листы сырые ТУ 6-05-1169; листы отвержденные ТУ 6-05-1169; трубы и фасонные части к ним МН 1808				Теплообменная аппаратура (оросительные холодильники) для тех же сред; трубопроводы химических производств
Фаолит П прессовочная масса ТУ 6-05-1169				Запорная арматура
Фаолитовая замазка марки А по МРТУ 6-05-1003—66				Применяется для соединения листового фаолита и труб при изготовлении из них изделий
Текстолит конструкционный ПТ, ПТК ГОСТ 5	Слоистый материал, получаемый путем прессования уложенной слоями хлопчатобумажной ткани, пропитанной резольной фенолокрезоло или ксиленолоформальдегидной смолой или смесью этих смол. Материал отличается высокой прочностью на сжатие, хорошо обрабатывается резанием, обладает высокой устойчивостью во многих агрессивных средах, имеет низкий коэффициент теплопроводности	От —196 до +125	—	Детали внутренних устройств химических аппаратов (шестерни, ролики для тросов, муфты и др.) для сред средней и повышенной агрессивности; теплоизолирующие подкладки под опоры аппаратов и проставки в низкотемпературной арматуре
Текстолит графитированный; листы и плиты ГОСТ 5	Материал хорошо работает на сжатие, хорошо обрабатывается резанием, обладает хорошими антифрикционными свойствами и высокой устойчивостью во многих агрессивных средах			Вкладыши подшипников скольжения для узлов перемешивающих устройств и другие детали аппаратов для агрессивных сред
Асботекстолит: плиты толщиной 6—150 мм (МРТУ 6-05-898—63)	Материал обладает низким коэффициентом теплопроводности	От —196 до +140		Теплоизоляционный материал, используемый для подкладок под опоры аппаратов, работающих при высоких и низких температурах стенки
Асбовинил ГОСТ 12871	Композиция из кислотостойкого асбеста и лака этиноль. Материал обладает хорошей адгезией к металлу, бетону, дереву, керамике, возможностью нанесения футеровочного слоя шпателем или кистью, высокими пределами рабочих температур, при которых со-	От —50 до +110		Антикоррозионная футеровка химических аппаратов емкостного типа для агрессивных сред. Толщина футеровочного слоя асбовинила обычно достигает 10—12 мм. Асбовинил непригоден для применения его в качестве самостоятельного конструкционного материала

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Условия применения		Примерное назначение
		$t_{\tilde{n}\tilde{n}m}$, °C	∂_R, МПа, не более	
	храняются антикоррозионные свойства материала, доступностью и дешевизной исходного сырья. Асбовинил устойчив к резким колебаниям температуры, обладает низким коэффициентом теплопроводности и высокой устойчивостью к воздействию большинства кислот, щелочей и других агрессивных сред. Материал токсичен и огнеопасен			
Пластмассы термопластичные				
Поливинилхлорид суспензионный (винипласт) ГОСТ 14332	Материал сохраняет достаточную прочность до температуры 60°C, не подвержен быстрому старению, снижающему механические свойства и химическую стойкость, но очень чувствителен к надрезу, резко снижающему ударную вязкость (иногда до 100% от исходной величины). Винипласт устойчив к воздействию почти всех кислот, щелочей и растворов солей любых концентраций. Исключение составляют сильные окислители (азотная кислота, олеум). Винипласт нерастворим во всех органических растворителях за исключением ароматических и хлорированных углеводородов (бензол, толуол, дихлорэтан, хлорбензол). В большинстве случаев химическая стойкость винипласта, наивысшая для средних концентраций, низка для высоких и низких концентраций. Материал легко обрабатывается резанием, легко деформируется в горячем состоянии, хорошо сваривается и склеивается	От 0 до +40	0,6	Обечайки, днища, крышки, детали внутренних устройств сварных и клееных технологических аппаратов для сред средней и повышенной агрессивности; футеровочный материал для антикоррозионной защиты технологической аппаратуры. Фланцы аппаратов, воздуховодов и другие детали аппаратов и трубопроводов технологических производств
Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) ГОСТ 16337	Полиэтилен высокого и низкого давления обнаруживает склонность к старению под воздействием кислорода воздуха и солнечной радиации, повышающих жесткость и хрупкость материала. Применение универсальных стабилизаторов надежно защищает материал от старения обоих видов. С повышением температуры резко снижаются прочностные свойства материала. Полиэтилен обладает хорошей адгезией к металлам и многим неметаллическим материалам, что позволяет применять его в качестве антикоррозионного футеровочного материала для аппарату-	От —60 до +50	1,0	Трубопроводы технологических производств для транспортирования воды, инертных газов, негорючих и нетоксичных паров и жидкостей, продуктов с токсическими свойствами, пожаро- и взрывоопасных жидкостей и газов, к которым материал химически стоек и для которых непроницаем, а также для негорючих и нетоксичных паров и жидкостей, к которым материал условно стоек

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		t_{lim}, °С	∂, МПа, не более	
Полиэтилен низкого давления (ПЭНД) ГОСТ 16338	ры, работающей в различных агрессивных средах. Материал поддается различным методам переработки (экструзии, прессованию, литью под давлением), легко сваривается и склеивается. Полиэтилен при комнатной температуре устойчив к воздействию большинства минеральных кислот, оснований и растворов солей, а также ко многим органическим жидкостям, но набухает в углеводородах, а при 60—70°С растворяется в них. При 20°С полиэтилен нестоек к ацетону, бензину, керосину, сероуглероду, нефти, трихлорэтилену, концентрированному раствору йода, хлору. С повышением температуры среды химическая стойкость полиэтилена снижается. В большинстве случаев химическая стойкость полиэтилена является наивысшей для средних концентраций среды и меньшей для низких и высоких концентраций. Полиэтилен горит под воздействием открытого пламени	От —60 до +60	1,0	Трубопроводы технологических производств для транспортирования воды, инертных газов, нетоксичных паров и жидкостей, продуктов с токсическими свойствами, за исключением сильнодействующих ядовитых веществ и дымящихся кислот, горючих (в том числе и сжиженных) и активных газов, легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, к которым материал химически стоек и для которых непроницаем, а также для негорючих и нетоксичных паров и жидкостей, к которым материал условно стоек
Полипропилен термостабилизированный ГОСТ 26996	Материал выдерживает значительные механические нагрузки и обладает высокой эластичностью. Твердость полипропилена почти вдвое выше твердости полиэтилена низкого давления и более чем в пять раз выше твердости полиэтилена высокого давления. Высокие механические свойства материал сохраняет вплоть до температуры размягчения. Процесс старения полипропилена аналогичен старению полиэтилена и затормаживается у стабилизированного материала. Полипропилен хорошо сваривается, но плохо склеивается из-за слабого набухания в органических растворителях. Методы переработки полипропилена такие же, как и для полиэтилена. Материал отличается высокой стойкостью к воздействию минеральных кислот и щелочей даже при повышенных температурах, органических растворителей при комнатной температуре, но разрушается в дымящейся азотной кислоте, олеуме и растворах галогенов, при 80°С растворяется в ароматических углеводородах (бензоле, толуоле) и галогенозамещенных углеводородах	От —10 до +100	1,0	Обечайки, днища и другие детали сварной емкостной технологической аппаратуры, изготовляемой из листового материала в сочетании с металлическими каркасами и без них, предназначенной для работы со средами средней и повышенной агрессивности. Детали внутренних устройств и патрубки аппаратов того же назначения; трубопроводы технологических производств. Плиты и рамы фильтр-прессов, фильтрованные ткани

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{пт}$, °С	∂, МПа, не более	
Полистирол общего назначения ГОСТ 20282	Полистирол сваривается хуже, чем полиэтилен и полипропилен; прочность сварного шва составляет 40—50% от прочности основного материала. Полистирол склеивается специальным клеем. Материал поддается различным методам переработки (экструзии, прессованию, литью под давлением). Полистирол устойчив во многих агрессивных средах	До +75	0,07	Обечайки, днища и другие детали сварной и клееной технологической аппаратуры, изготовляемой из листового материала в сочетании с металлическими каркасами, предназначенной для работы со средами средней и повышенной агрессивности. Трубопроводы технологических производств
Полистирол ударопрочный А, Б ГОСТ 28250			1,0	Смотровые окна, люки, бобышки, фланцы
Сополимеры стирола МС, МСН-Л ГОСТ 12271	Более высокая механическая прочность и эластичность, чем у полистирола	До +85	1,0	Технологическая аппаратура и лабораторное оборудование
Полиизобутилен без наполнителя и полиизобутилен с наполнителем марки ПСГ (листы по ТУ МХП 2987) ГОСТ 13303	Мягкий, эластичный, каучукоподобный материал, обладающий хорошей адгезией к металлам, дереву, бетону. Материал легко сваривается в токе горячего воздуха (без применения присадочного материала) и легко склеивается как между собой, так и с различными конструкционными материалами. Полиизобутилен без наполнителя и полиизобутилен с наполнителем (марка ПСГ) обладает высокой химической стойкостью во многих агрессивных средах; материал неустойчив в минеральных и растительных маслах и других органических жидкостях при небольших давлениях (порядка 0,3 МПа). Полиизобутилен марки ПТ неэлектропроводен, полиизобутилены других марок электропроводны, что затрудняет контроль футеровки электрическими методами и не позволяет применять этот материал для антикоррозионной защиты аппаратов, работающих под электрическим напряжением (электролизеры и др.)	До +100	—	Футеровочный материал для защиты химической аппаратуры из стали, алюминия, дерева, бетона и других материалов от воздействия агрессивных сред. Материал широко используется в качестве подслоя в комбинированных футеровках химической аппаратуры, в которых имеет место сочетание материалов неорганических и органических (например, футеровка с применением керамических плиток на подслое из полиизобутилена)
Фторопласт-3 ГОСТ 13744	Материал обладает высокой химической стойкостью во многих агрессивных средах, но разрушается под воздействием расплавленных щелочных металлов, расплавов едких щелочей, элементарного фтора, олеума. Механические свойства фторопласта-4 существенно зависят от температуры. Под воздействием внешних нагрузок происходит рекристаллизация материала (явление хладотекучести). Необратимые остаточные деформации появляются при нагрузках выше 3 МПа и температурах до 80—100°С	От —195 до +150		Теплообменники и детали внутренних устройств химических аппаратов для работы со средами средней и повышенной агрессивности; трубопроводы химических производств
Фторопласт-4 ГОСТ 10007 Фторопласт-4Д ГОСТ 14906		От —269 до +260		

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{пт}$, °С	∂, МПа, не более	
Полиметилметакрилат(стекло органическое) ГОСТ 15809	Хорошая светопрозрачность, при вытяжке в высокоэластичном состоянии обеспечиваются высокая пластичность, способность выдерживать большие деформации без разрушений. Хорошо склеивается дихлорэтаном, сваривается термическим способом	До +100	1,0	Прозрачные элементы технологической аппаратуры, лабораторное оборудование и аппаратура при отсутствии воздействия сильных органических растворителей
Капрон ГОСТ 15897	Более высокие механические свойства, чем у других термопластов, хорошие антифрикционные свойства, большое водопоглощение	До +80	1,0	Элементы антифрикционных пар, бесшумные зубчатые колеса в инертных средах
Полиамиды ГОСТ 17827	Меньшее водопоглощение, чем у капрона	До +80	1,0	Как у капрона
Стеклонаполненные полиамиды ПА610-ДС; ПА6-210-ДС; ПА-211-ДС; ПА66-ДС ГОСТ 17648	Прочность в 2-3 раза выше, чем у капрона; менее пластичны, низкий коэффициент трения, стабильность усадки	До +80	1,6	Корпуса лабораторных установок, внутренние и внешние элементы аппаратуры
Полиакрилат Д-3 ГОСТ 17622	Высокие термическая стойкость и жаростойкость	До +200	1,0	Элементы аппаратуры, испытывающие повышенное термическое воздействие
Полиуретан ПУ-1 ГОСТ 14896	Стоек к воздействию разбавленных кислот, щелочей, масел, углеводородов, органических кислот	От —60 до +100	1,0	Элементы аппаратуры, испытывающие агрессивное воздействие сред
Полиформальдегид ГОСТ 24888	Один из наиболее жестких полимеров; высокие теплостойкость, морозостойкость, антифрикционные и диэлектрические свойства. Химически стоек	От —50 до +110	1,0	Ручки аппаратуры и приборов, корпуса лабораторного, технологического оборудования и электроприборов, вкладыши подшипников
Поликарбонат ГОСТ 30244	Высокие теплостойкость и морозостойкость; низкое водопоглощение, хороший диэлектрик	От —50 до +110	1,0	Элементы трубопроводной аппаратуры
Реактопласты				
Стекловолокнистый материал СВАМ-ЭР ГОСТ 20437	Состоит из стеклянных волокон и эпоксидной или фенолформальдегидной смолы. Обладает высокими механическими и электроизоляционными свойствами	До + 200	1,6	Корпуса аппаратуры, работающей в агрессивных средах
Стекловолокнит АГ-4 ГОСТ 20437	Состоит из стеклянных волокон и эпоксидной или фенолформальдегидной смолы. Обладает высокими механическими и электроизоляционными свойствами	До + 200	1,6	Корпуса аппаратуры, работающей в агрессивных средах
Стекловолокнит ДСВ-2-Р-2м ГОСТ 17478	Состоит из пропитанных эпоксидной или фенолформальдегидной смолой рубленых стеклянных волокон. Обладает высокими механическими и электроизоляционными свойствами	До + 200	1,6	Применяется для сложных деталей с тонкими стенками
Текстолит графитированный Асботекстолит ГОСТ 5	Фрикционный материал. Состоит из асбестовой ткани, припитанной фенолформальдегидной смолой. Обладает хорошей теплостойкостью	До + 400	–	Применяется для фрикционных дисков, гидравлических передач

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{\tilde{n}\tilde{m}}$, °С	∂, МПа, не более	
Материалы на основе каучука				
Резина ГХ-66(2566) ТУ 381051559	Материалы на основе натурального каучука. Резина отличается удовлетворительной прочностью, хорошей эластичностью и хорошим сопротивлением истиранию, высокой морозостойкостью и теплостойкостью, хорошей адгезией к металлам. Резина растворяется в бензине, бензоле, хлорированных углеводородах и нестойка к маслам и озону	От —50 до +80	—	Материал для гуммирования химической аппаратуры из углеродистой стали, чугуна, алюминия и его сплавов, предназначенной для работы со средами средней и высокой агрессивности. Гуммирование производится на подслое из эбонита
Эбонит ГХ 1213 (ИПР-1213) ТУ 381051559				Материалы для наружного гуммирования химической аппаратуры того же назначения
Полуэбонит ГХ-1212М (ИПР-1212) ТУ 381051559				Материал применяется в качестве подслоя для эбонита марки ИРП-1213
Резина 2-607 ТУ 381051559	Материалы на основе натрийбутадиенового каучука. Резины отличаются хорошей эластичностью и хорошей адгезией к металлам, высокой морозостойкостью и теплостойкостью. Резины растворяются в бензине, бензоле, хлорированных углеводородах и нестойки к маслам	От —40 до +80		Материал для гуммирования химической аппаратуры из углеродистой стали, чугуна, алюминия и его сплавов, предназначенной для работы со средами средней и высокой агрессивности. Гуммирование производится через подслой эбонита марки 1814 термопреновым клеем
Полуэбонит ГХ-51 (1751) ТУ 381051559				Материал для наружного гуммирования химической аппаратуры того же назначения
Эбонит ГХ (1751) ТУ 381051559				Материал для гуммирования пробковых кранов (трубопроводная арматура)
Хлоропреновый жидкий каучук (жидкий наирит НТ)	Покрытие вулканизируется при 100°С. Резина в вулканизированном состоянии отличается хорошей механической прочностью и хорошей устойчивостью к истиранию, обладает хорошей щелочестойкостью и удовлетворительной кислотостойкостью, водостойкостью, бензо- и маслостойкостью и атмосферостойкостью. Материал удовлетворительно сопротивляется кислородному и тепловому старению, но обладает плохой радиационной устойчивостью	От —30 до +60		Материал для гуммирования химической аппаратуры из углеродистой стали, предназначенной для работы с кислотами и щелочами при температуре до 60°С
Раствор резиновой смеси ГХ-76 (1976 М)	Резины отличаются повышенной химической стойкостью к кислотам и щелочам	От —30 до +60		Гуммирование через хлорнаиритовый или эпоксидный грунт деталей, узлов и аппаратов сложной конфигурации малых размеров, предназначенных для работы с кислотами и щелочами при нормальных и повышенных температурах и подвергающихся динамическим нагрузкам
Каучуковый состав ГЭС-1 ТУ 38.303.26		От —30 до +80		Аппаратура, гуммированная ГЭС-1, может длительно эксплуатироваться в концентрированных минеральных кислотах и щелочах

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{\tilde{n}\tilde{m}}$, °С	δ, МПа, не более	
	Углеграфитовые материалы			
Графит мелкодисперсный прессованный и пропитанный синтетическими смолами, конструкционный марок МГ; МГ-1; МГ-2 (ТУ 601-60)	Графит прессованный и пропитанный синтетическими смолами отличается благоприятным сочетанием свойств: высокой прочностью на сжатие в сочетании с высокой тепло- и температуростойкостью, высокой тепло- и электропроводностью и высокой химической стойкостью во многих агрессивных средах даже при высоких температурах. Материал хорошо обрабатывается резанием на обычных металлорежущих станках и склеивается синтетическими клеями и кислотоупорной замазкой арзамит 4 и кислото-щелочестойкой замазкой арзамит 5	От —18 до +150	0,5	Различные детали корпусов и внутренних устройств химических аппаратов для работы со средами средней и повышенной агрессивности: абсорберов и реакторов, применяемых в производствах бромистоводородной, плавиковой, фосфорной и хлоруксусной кислот, хлора, хлорбензола, тетрахлорэтана и трихлорэтилена; баков и резервуаров, применяемых в производстве соляной кислоты, для хранения фторуксусных, фторбористых и фторфосфорных смесей в производстве плавиковой кислоты и других сред; отмывные колонны, применяемые в производствах соляной и бромистоводородной кислот; теплообменники для нагрева и охлаждения агрессивных сред в производствах серной кислоты, сернистого ангидрида, хлора, хлоратов и других высокоагрессивных химических продуктов
Графит мелкозернистый прессованный и пропитанный синтетическими смолами, конструкционный марок МГ-3; МГ3-Л (ТУ 601-60)				
Графит плотный прессованный конструкционный марки ППГ (ТУ 601-60)				
Графит электродный конструкционный марки ГЭЭ (ТУ 601-60)				
Графитированный материал марки АРВ, пропитанный в изделиях фенолоформальдегидной смолой (ПТУ 04-62)				
Графитопласт (антегмит) марки АТМ-1 (трубы по СТУ 45-ЦЧ--942-63)	Материал отличается от графита более высокой прочностью, непроницаемостью для жидкостей и газов по всему объему, но пониженной теплопроводностью. Антегмит марки АТМ-1 обладает высокой химической стойкостью во многих минеральных и органических кислотах, щелочах, растворах солей любых концентраций вплоть до высоких температур	От —18 до +115	0,3	Трубные пучки теплообменных аппаратов; патрубки аппаратов; трубопроводы химических производств для работы со средами средней и высокой агрессивности
Графитопласт (антегмит) марки АТМ-1 (плитки футеровочные по ВТУ 367-58)			—	Футеровочный материал для антикоррозионной защиты стальной химической аппаратуры для работы со средами высокой агрессивности
Графитопласт (антегмит) марок АТМ--1Г и АТМ-10 (по ТУ, утвержденным в установленном порядке)	Материал отличается от антегмита АТМ-1 значительно более высокой теплостойкостью и теплопроводностью, меньшим коэффициентом температурного расширения и меньшей механической прочностью		0,3	Детали теплообменной аппаратуры для работы со средами высокой агрессивности; трубы и фасонные части к ним для трубопроводов химических производств; детали насосов для перекачки агрессивных жидкостей

Продолжение табл. 7.1

Наименование, марка (ГОСТ или ТУ)	Качественная и эксплуатационная характеристики материала	Рабочие условия		Примерное назначение
		$t_{\tilde{n}\tilde{n}m}$, °С	∂, МПа, не более	
Графитопласты литьевые марок НЛ; 2ФНЛ; 5ЭФНЛ (по ТУ, утвержденным в установленном порядке)	Графитопласт марки НЛ стоек почти во всех кислотах, за исключением сильных окислителей. Графитопласт марки 2ФНЛ стоек в большинстве неокислительных кислотах, растворителях и растворах солей. Графитопласт марки 5ЭФНЛ стоек к кислым и щелочным средам, органическим растворителям, спиртам и углеводородам		0,3	Крупногабаритные литые детали для химических аппаратов для работы со средами средней и повышенной агрессивности (корпуса поглотительных колонн, крыши аппаратов и др.). Литые плиты для футеровки ванн, сборников и различных сосудов
Угольный антифрикционный материал марок А0-600 и А0-1500	Материал обладает хорошими антифрикционными свойствами. Допустимая удельная нагрузка до 2 МПа. Коэффициент трения после приработки равен 0,05	—	—	Вкладыши подшипников, уплотнительные кольца, детали торцовых уплотнений, работающие в условиях сухого трения в паре с чугуном
Графитированный антифрикционный материал марок АТ-600 и АТ-1500	Материал обладает хорошими антифрикционными свойствами. Допустимая удельная нагрузка до 1,5 МПа. Коэффициент трения после приработки равен 0,05			Вкладыши подшипников, уплотнительные кольца, детали торцовых уплотнений, работающие в условиях сухого трения в паре со сталью
Графитированный антифрикционный материал, пропитанный фенолоформальдегидной смолой марки АТ-1500-Ф	Материал отличается большей прочностью и более высоким значением допустимого удельного давления (до 10 МПа)			

Сводные сведения по сортаменту труб из пластмасс см. Интернет-ресурс ГП «Союзводоканалпроект» www.gosthelp.ru/text/Trubyplastmassovye-Materia.html.

7.2. Механические и физические свойства неметаллических материалов

В табл. 7.2—7.8 приводятся некоторые данные по механическим и физическим свойствам неметаллических материалов, преимущественно применяемых в химическом аппаратостроении.

Таблица 7.2

Механические свойства неметаллических материалов неорганичского происхождения

Наименование материалов	Предел прочности,			Модуль упругости при растяжении E, ГПа	Наименование материалов	Предел прочности,			Модуль упругости при растяжении E, ГПа
	$\sigma_в$	$\sigma_{св}$	$\sigma_{ив}$			$\sigma_в$	$\sigma_{св}$	$\sigma_{ив}$	
	не менее					не менее			
Андезит пористый	—	60	—	—	Керамика шамотно-бентонитовая пористая	3	21	—	—
Андезит плотный		80	14						
Бештаунит		160	19		Фарфор твердый кислотоупорный	20	150	50	
Гранит украинский			23		Фарфор кислотоупорный	40	450	70	60
Кварцит карельский		260	—						
Базальт плавленый		—	30		Бетон кислотоупорный	—	11	—	6
Диабаз плавленый	25	200	20		Стекло силикатное	35	60	70	75
Керамика дунитовая	11,5	130	35		Стекло боросиликатное	70	130	—	—
Керамика кислотоупорная (плитки футеровочные)	6	20	23	42	Стекло кварцевое	45	350	40	66
					Эмаль кислотоупорная марки Э-1	62	924	—	—

Таблица 7.3

Физические свойства неметаллических материалов неорганического происхождения

Наименование материалов	Плотность ρ, кг/м^3	Коэффициент линейного расширения $\alpha^t \cdot 10^6$, °C^{-1}	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м · °C)	Пористость, %	Водопоглощаемость за 24 ч, %
Андезит пористый	2200—2300	6,0	—	2,5—14,0	7,6
Андезит плотный					2,5—6,0
Бештаунит	2650	6,4		4,9—10,0	2,4
Гранит украинский		5,0		0,5—1,0	0,3
Кварцит карельский		—		0	—
Базальт плавленый	2900	5,0	2,17		0,15
Диабаз плавленый	2100—3000	10,0	0,99		0
Керамика дунитовая	2200—2300	—	—	3—4	≤ 2,0
Керамика кислотоупорная	2000—2400	4,1—4,9	1,0—1,5	2—6	≤ 8,0
Керамика шамотно-бентонитовая пористая	1360—1500	—	—	39—47	—
Фарфор твердый кислотоупорный	2300—2500	2,5—4,5	0,82—1,0	≤ 1,0	≤ 0,8
Фарфор кислотоупорный					≤ 0,5
Бетон кислотоупорный	1600	8,0	0,81—1,1	—	—
Стекло силикатное	2600	0,5	6,7—9,0	3—4	
Стекло боросиликатное	2230	3,6	—	0	
Стекло кварцевое	2020—2080	0,27	1,75—4,0	3—4	

Эмаль кислотоупорная марки Э-1	2300—2500	30—33,5	0,93—1,22	0	

Таблица 7.4

Механические свойства неметаллических материалов органического происхождения

Наименование и марка материалов	Вид полуфабрикатов (ГОСТ, ТУ)	Предел прочности, МПа			$\alpha_н$, кДж/м^2	Модуль упругости при растяжении Е, ГПа
		$\sigma_в$	$\sigma_{св}$	$\sigma_{ив}$		
		не менее				
Фаолит А	Листы отвержденные (ТУ 6-05-1169)	17	38	50	20	80
Фаолит Т						
Фаолит П	Прессованные изделия (ТУ 6-05-1169)	12	58		3,0	—
Фаолит А и Т	Трубы отвержденные (МН 1808)	25	70		1,4	
Текстолит ПТК	Листы (ГОСТ 5)	100	250	160	3,5	4
Текстолит ПТ		85	230	145		
Текстолит ПТ-1		65	200	120	25,0	
Текстолит	Стержни (ГОСТ 5385)	40	—	100	—	—
Асботекстолит А и Б	Плиты (ГОСТ 12871)	80*	100*	80*	25,0	2,4
Асбовинил	—	15	25	22	3,0	—
Винипласт ВН	Листы (ГОСТ 9639)	55	80	100	80,0	1,0
Винипласт ВНТ		45		90	50,0	—
Полиэтилен низкого давления	См. примечания к табл. 7.1	20	—	20	Не ломается	0,5**
Полиэтилен высокого давления		10		12		0,1**
Полипропилен ПП-1	Прессованные изделия из порошка (ГОСТ 26996)	25	900	60	33,0	0,67**
Сополимер этилена с пропиленом	—	17	—	17	—	—
Полистирол блочный	Плиты (ГОСТ 20282)	30	100	80	5,0	1,2
Полиизобутилен ПСГ	Пластина в рулонах (ГОСТ 13303)	4,5	—	—	—	—
Фторопласт-3	Тонкий лист, пленка (ГОСТ 13744)	30	25	60	20	1,2**
Фторопласт-4	Прессованные изделия из порошка, закаленные (ГОСТ 10007)	16	12	11	100	0,47**
Древесно-слоистый пластик ДСП-В	Листы (ГОСТ 8697)	110	120	150	30	—
Графит марки МГ	Прессованные заготовки диаметром до 300 мм и длиной 240 мм	12	20	20	1,2	13
Графит марки МГ-1			23			
Графит марки МГ-2						
Графит марки МГ-3	То же, но диаметром до 500 мм и длиной до 1500 мм		25			
Графит марки ГМ3-Л	То же, но диаметром до 600 мм		20			
Графит марки ППГ	То же, но диаметром до 300 мм и длиной до 280 мм		35			
Графит марки ГЭЭ	То же, но диаметром до 400 мм и длиной до 1500 мм		15			
Графитированный материал марки АРВ	Прессованные блоки размером 350x350x350 мм и др.		80			
Антегмит марки АТМ-1	Трубы	18	100	40	2,75	—
Антегмит марки АТМ-1Г		6	45	20	1,6	
Антегмит марки АТМ-10		9	55	26	1,7	
Графитопласт литьевой НЛ	Крупногабаритные отливки	10	90	30	—	—
Графитопласт литьевой 2ФНЛ		—	55	24		

Продолжение табл. 7.4

Наименование и марка материалов	Вид полуфабрикатов (ГОСТ, ТУ)	Предел прочности, МПа			$\alpha_н$, кДж/м^2	Модуль упругости при растяжении Е, ГПа
		$\sigma_в$	$\sigma_{св}$	$\sigma_{ив}$		
		не менее				
Графитопласт литьевой 5ЭФНЛ	Крупногабаритные отливки	14,5	100	33	—	—
Графитированный антифрикционный материал АО-600	Прессованные изделия	—	110	50		
Графитированный антифрикционный материал АО-1500			150	60		
Графитированный антифрикционный материал АТ-600			60	35		
Графитированный антифрикционный материал АТ-1500			80	40		
Графитированный антифрикционный материал АТ-1500-Ф			150	70		

* Для образцов, вырезанных вдоль листа (по основе ткани).
** Модуль упругости при изгибе.

Таблица 7.5

Физические свойства неметаллических материалов органического происхождения

Наименование и марка материалов	Плотность ρ, кг/м^3	Коэффициент линейного расширения $\alpha^t \cdot 106$, °С$^{-1}$	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°С)	Водопоглощаемость за 24 ч, %	Теплостойкость по Мартенсу, °С	Температура плавления, °С	Морозостойкость, °С
Фаолит марки А	1500	20—30	0,29	0,3—1,8	135	—	—
Фаолит марки Т	1650		1,05		126		
Фаолит марки П	1250		—		144		
Текстолит марки ПТК, ПТ, ПТ-1	1300—1400	20—40	0,21—0,34	0,35	125		
Асботекстолит марок А и	1700	17—25	0,51—0,59	—	150—250		
Асбовинил	1540—1640	33—40	0,151	0,5—1,0	150		
Винипласт марок ВН и	1380—145	65—85	0,167	0,4—0,6	65		
Полиэтилен низкого давления (высокой плотности)	940—960	100—200	0,419	0,04	120—140*	120—139	До —70
Полиэтилен высокого давления (низкой	920—930	210—550	0,351		108—115*	108—110	
Полипропилен	900	110	0,138	—	—	164—168	До —10
Сополимер этилена с пропиленом	940—950	100—550	0,262	0,01	113—128	114—125	До —70
Полистирол	1050—1100	60—100	0,085	0,03	—	—	—
Полиизобутилен ПБСГ	1320	—	0,332	0,08	100		
Фторопласт-3	2090	60—120	0,059	0,0	—	208—210	До —195
Фторопласт-4	2150	80—250	0,250		110	327	До —269
Древесно-слоистый пластик ДСП-В	1300	—	—	5,0	—	—	—
Графит марки МГ	1500	3,6—4,0	94—117	—	170		
Графит марки МГ-1	1550						
Графит марки МГ-2	1640						
Графит марки МГ-3	1560						

Продолжение табл. 7.5

Наименование и марка материалов	Плотность ρ, кг/м³	Коэффициент линейного расширения $\alpha^t \cdot 106$, °C⁻¹	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м · °С)	Водопоглощаемость за 24 ч, %	Теплостойкость по Мартенсу, °С	Температура плавления, °С	Морозостойкость, °С
Графит марки МГ3-Л	1500	3,6—4,0	94—117	—	170	—	—
Графит марки ППГ	1700						
Графит марки ГЭЭ	1450						
Графитированный материал марки АРВ	1800						
Антегмит марки АТМ-1		8,5	35—41				
Антегмит марки АТМ-1Г	1740	2,5	94—99		600		
Антегмит марки АТМ-10		2,2	105—140		400		
Графитопласт литьевой марки НЛ	1100—1200	—	—		—		
Графитопласт литьевой марки 2ФНЛ	1300						
Графитопласт литьевой марки 5ЭФНЛ	1400						
Графитированный антифрикционный материал марки АО-600	1500—16О0	2,6	87				
Графитированный антифрикционный материал марки АО-1500	1650—17О0	2,5	93				
Графитированный антифрикционный материал марки АТ-600	1700—18О0	2,7	188				
Графитированный антифрикционный материал марки АТ-1500	1600—17О0						
Графитированный антифрикционный материал марки АТ-1500-	1750—180О						

* Теплостойкость по НИИПП.

Таблица 7.6

Свойства термопластичных пластмасс

Марка	Плотность, кг/м³	Теплостойкость по Мартенсу, °С	Рабочая температура, °С	$\alpha \cdot 10^{-3}$, 1/°С	λ, Вт/(м·°С)
Полиэтилен:					
высокого давления	900—940	—	-50—+70	22—55	—
низкого давления	950—960	—	-60—+100	17—20	—
Полистирол:					
ПСМД, ПСМ	1050—1080	78	-40—+65	6—8	0,093—0,14
оптический	1050—1080	—	-40—+65	6—7	0,093—0,139
Пластик СНП	1114	74	-40—+70	8,3	—
Фторопласт	2090—2160	—	-195—+130	6—10	0,23
Фторопласт-4	2190—2200	110	-269—+260	8—21	0,24
Винипласт	1380	65—70	—	5—15	0,15—0,16
Полиметилметакрилат ЛПТ	1180—1200	88—95	-60—+60	9	0,279
Дакрил 2М	1190	—	—	8	—
Стекло органическое:					
конструкционное	1180	—	-60—+60	7,1—7,7	0,181—1,86
светотехническое	1180—1200	—	—	7—8	0,172—1,184
П-12Б-20	1020	—	—	—	—

Продолжение табл. 7.6

Марка	Плотность, кг/м^3	Теплостойкость по Мартенсу, °С	Рабочая температура, °С	$\alpha \cdot 10^{-3}$, 1/°С	λ, Вт/(м·°С)
Литьевые сополимеры полиамида	1190—1140	50—60	—	10—12	0,27—0,3
Капрон	1130	—	—	14	—
Капролон В	1150—1160	75	-60—+60	6,6—9,8	0,27—0,34
Эпоксидные смолы	1550—1650	81—130	—	—	—
Компаунды ЭП	—	—	-60—+140	3,5—4	0,74

Таблица 7.7

Механические свойства пластмасс при низких и высоких температурах

Материал	Температура, °С	$\sigma_в$	$\sigma_{пл}$	δ, %	Е, ГПа
		МПа			
Винипласт	—20	90	—	—	—
	0	72	26	8	
	20	50	19	20	
	40	40	11	30	
	60	32	4	60	
	75	20	1,3	200	
	100	4	—	350	
Полиэтилен низкого давления (высокой плотности)	—40	45	—	100	2,1
	0	35		400	1,0
	40	29		1000	—
	50	—		—	0,16
	80	20		1800	—
Полиэтилен высокого давления (низкой плотности)	—80	50	—	20	2,32
	—40	30		300	1,36
	0	15		500	0,30
	40	10		500	—
	50	—		—	0,09
	80	5		300	—
Фторопласт-4	—40	35,0		70	1,7
	—20	32,5		100	1,5
	0	30,0		150	1,1
	20	20,0		470	0,7
	40	18,0		650	0,45
	80	13,5		600	0,24
	100	11,5		540	0,17

Таблица 7.8

Физико-механические показатели эбонитов и полуэбонитов, применяемых для гуммирования химической аппаратуры (РТМ 26-01-18—67)

Марка		Плотность ρ, кг/м^3	Теплостойкость по Мартенсу, °С	Сопротивление изгибу $\sigma_и$, МПа	Время вулканизации при температуре 143 °С, ч	Назначение эбонита и полуэбонита
Эбонит	Полуэбонит					
1814	—	1350	50—75	50—65	3	Подслой для резин марок 829, 2566, 1976-М и 4476
1726		1120	72—75	94,6	4	Для наружного гуммирования деталей и узлов химических аппаратов
2109		1210	55	57,7	—	
ИРП-1213		—	—	—	2—2,5	
—	1751	1340	45—52	47	6	
	ИРП-1212	1220	—	—	1	Подслой для эбонита марки ИРП-1213

Таблица 7.9

Физико-механические показатели резин, применяемых для гуммирования химической аппаратуры (РТМ 26-01-18—67)

Марка резины	Плотность ρ, кг/м^3	Прочность $\sigma_в$, МПа не менее	Удлинение, %		Твердость по твердомеру ТМ-2	Время вулканизации при температуре 143°С, мин
			относительное, не менее	остаточное, не более		
4476	1150	5,5	150	15	52	80
2566	1060	15,0	600	35	36	30
1976-М	1140	6,0	225	20	56	
4849	1390	18,0	550	40	31	
829	1060	16,0	650	30	40—50	15
8ЛТИ		24,0	570	20	65—75	50—60
ИРП-1025	1480	10,0	364	8	74	30
Жидкий наирит НТ	1200—1400	11,0	200	2,5	73—76	1440
Раствор резиновой смеси ИРП-1257	1340	11,7	560	12	54—58	90
Раствор резиновой смеси ИРП-1258	1430	10,5	950	33	70±2	

7.3. Сортамент полуфабрикатов и изделий из неметаллических материалов

В табл. 7.10—7.33 приведен сортамент некоторых полуфабрикатов и изделий из неметаллических материалов, выпускаемых промышленностью.

Таблица 7.10

Сортамент листов и плит из неметаллических материалов

Наименование материала	Вид полуфабриката (ГОСТ или ТУ)	Размеры, мм			Допускаемые отклонения, мм	
		Толщина, s	Ширина, b	Длина, *l*	по толщине	по длине и ширине
Фаолит марок А и Т	Листы сырые и отвержденные (ТУ 6-05-1169-75)	5—12	700—800	1800	±1,0 (при S≤10); ±2,0 (при S>10)	±50
				2000		
			900—1000	1600		
		5—15	700—1000	1400		
		5—18		1200		
		5—20		1000		
Винипласт марок ВН и ВНТ	Листы (ГОСТ 9639)	2—20	500—650	1300—1500	±(0,1+0,05S)	±5
Текстолит поделочный марок ПТК, ПТ и ПТ-1	Листы (ГОСТ 5)	0,5—8	По соглашению сторон			
	Плиты (ГОСТ 5)	10—70				
Асботекстолит	Плиты (ГОСТ 5)	6—30	400—800	600—1400	—	—
	Плиты (ГОСТ 5)	>100	1400	2400	—	±50
Древеснослоистый пластик марки ДСП-В	Листы (ГОСТ 8697)	1,0; 1,5; 2,0; 2,5	800; 900; 1000; 1100; 1200	700; 1000; 1500	±0,2	±25
		3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0		700; 1100; 1500; 2300; 4800; 5600	±0,5	
		10,0; 12,0			±1,0	
			170	170		±5

Продолжение табл. 7.6

Фторопласт-4	Листы (ТУ 6-05-1169)	2—3,5	200 250 300	200 250 300	±0,3	±10

Продолжение табл. 7.10

Наименование материала	Вид полуфабриката (ГОСТ или ТУ)	Размеры, мм			Допускаемые отклонения, мм	
		Толщина, s	Ширина, b	Длина, *l*	по толщине	по длине и ширине
Фторопласт-4	Листы (ТУ 6-05-1169)	4—10	170; 200; 250; 300; 500	170; 200; 250; 300; 500	±0,9	±5 (при b=*l*=170); ±10 (при b=*l*=200—300) ±20 (при b=*l*=500)
		11—20			±1,1	
		21—40			±1,3	
		41—60			±1,5	
Полиизобутилен ПСГ	Листы (ГОСТ 13303)	2—2,5	800	3000	—	—
			1000	10 000		

Таблица 7.11

Рекомендуемый сортамент стержней из текстолита (ГОСТ 5385)

Диаметр, мм	Допускаемое отклонение по диаметру при нормальной точности	Масса 1 м, кг
8	±0,5	0,070
13	±0,7	0,186
18	±1,0	0,357
25		0,686
40	±1,5	1,765
60	±2,0	3,960

Примечания.
1. Стержни изготавливаются длиной от 200 до 500 мм.
2. По соглашению сторон стержни могут изготавливаться других диаметров, не указанных в таблице.

Таблица 7.12

Рекомендуемый сортамент стержней из винипласта (ГОСТ 9639)

Диаметр, мм	Масса 1 м, кг
5	0,027
10	0,109
14	0,215
16	0,280
18	0,356
20	0,439
22	0,522
25	0,686
27	0,801
30	0,989
33	1,196
36	1,415
40	1,758
45	2,210

Примечания.
1. Стержни поставляются длиной от 1,5 до 3,0 м.
2. Допускаемые отклонения по наружному диаметру стержней ±5%.

Таблица 7.13

Рекомендуемый сортамент стержней из фторопласта-4 (ТУ 6-05-1999)

Диаметр, мм	Допускаемое отклонение на диаметр, мм	Масса 1 м, кг	Длина, мм
6	±0,7	0,061	200
8		0,108	
10	±1,0	0,168	390
13		0,286	
15		0,382	
20	±1,5	0,675	
25		1,050	
30		1,528	
35		2,070	
40	±2,0	2,700	
45		3,400	
50		4,200	
55		5,125	
60	±2,5	6,102	По соглашению сторон
65		7,150	
70		8,280	
75		9,500	
80	±3,0	10,800	

Примечания.
1. Для стержней диаметром ≤55 мм допускаемое отклонение на длину ±10 мм.
2. У стержней диаметром ≤40 мм допускается кривизна до 10% от длины стержня.

Таблица 7.14

Рекомендуемый сортамент круглых заготовок из конструкционного графита (ТУ 601—60)

Марка материала	Диаметр	Длина
	мм	
МГ; МГ-1; МГ-2	94; 129; 159; 209; 279; 300	240
МГ-3	70—500	До 1500
ГМ3-Л	250—600	—
ППГ	135; 165; 300	200—280
ГЭЭ	25—400	1500

Таблица 7.15

Рекомендуемый сортамент труб с коническими фланцами из твердого фарфора

D_y	s	D_1	c	l	Масса 1 шт. (кг) при длине труб L (мм)			
мм					300	500	700	1000
25	10	65	30	10	1,08	1,61	2,14	2,94
30		70			1,29	1,90	2,51	3,42
40	12	90	45		1,71	2,65	3,59	5,00
50	15	110			1,60	3,08	4,56	6,78
80	18	150	53		3,25	5,85	8,45	12,35
100		170		15	5,45	8,65	11,85	16,65
150	20	230	60		11,88	17,00	22,12	29,80
200	25	300	75	20	19,72	28,20	36,68	39,40
250		350			26,62	37,00	47,38	62,85
300	27	405			32,70	46,00	59,30	79,25

Примечания.

1. Трубы предназначены для транспортирования кислот (за исключением плавиковой и фосфорной) любых концентраций температурой до +120°С и щелочей концентрацией до 2% и температурой до +30°С. Допустимое рабочее избыточное давление $p_p \leq 0,4$ МПа.

2. Для тех же условных проходов изготавливаются колена с коническими фланцами с углом 90 и 45°, тройники, крестовины и переходы.

Таблица 7.16

Рекомендуемый сортамент труб с раструбами из твердого фарфора

D_y	s	D	c	Масса 1 шт. (кг) при длине труб L			
мм				300	500	700	1000
25	10	60	35	1,12	1,65	2,18	2,98
30		70	40	1,34	1,95	2,56	3,47
40	10	80	40	1,65	2,40	3,15	4,28
50		90	50	2,00	2,90	3,80	5,15

Продолжение табл. 7.16

D_y	s	D	c	Масса 1 шт. (кг) при длине труб L(мм)			
мм				300	500	700	1000
80	12	125	60	3,65	5,30	6,95	9,42
100	14	155		5,85	8,25	10,65	14,25
150	15	205		8,17	11,90	15,63	21,23
200	18	265		13,25	19,10	24,95	33,72
250		315		15,93	23,20	30,47	41,38
300	20	370		18,36	28,00	37,64	52,16

Примечания.

1. Трубы предназначены для транспортирования кислот (за исключением плавиковой и фосфорной) любых концентраций температурой до +120°С и щелочей концентрацией до 2% и температурой до +30°С. Допустимое рабочее избыточное давление $p_p \leq 0,4$ МПа.

2. Для тех же условных проходов изготавливаются колена с раструбами с углом 30, 45, 60, 90, 120 и 135°, тройники и крестовины с углом 90 и 45°.

Таблица 7.17

Рекомендуемый сортамент труб из фаолита марок А и Т (МН 1251—61)

D_y, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм: по наружному диаметру	Допускаемые отклонения, мм: по толщине стенки	L, мм	l, мм	α, град	Масса 1 шт., кг	Допускаемое рабочее избыточное давление среды, МПа, не более
32	50 × 8,5	±3	±2,0	2000^{+10}_{-50}	12^{+4}	45±2	4,2	0,47
50	76 × 11						8,3	0,40
80	102 × 12	±4	±2,5		15^{+5}		12,5	
100	125×12,5						16,8	0,24
150	175×12,5	±7		1000^{+10}_{-30}	20^{+5}	60±2	12,5	
200	225×12,5	±10			30^{+5}		16,8	
250	275×12,5				40^{+5}		21,5	0,16
300	330 × 15		+5,0 -3,5		45^{+5}		30,5	

Примечания.

1. По МН 1252—61 — МН 1259—61 предусматривается выпуск деталей трубопроводов из фаолита марок А и Т — уголь- ники прямые, тройники прямые и переходные, отводы двойные,

переходы одно- и двухступенчатые условных проходов, соответствующих выпускаемым трубам.

2. Склейка фаолитовых труб производится фаолитовой замазкой марки А по МРТУ 6-05-1003—66.

Таблица 7.18

Рекомендуемый сортамент труб из винипласта (ГОСТ 28117)

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм: по наружному диаметру	Допускаемые отклонения, мм: по толщине стенки	Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба трубы (по осевой линии), мм	Условное избыточное давление среды $p_у$, МПа, не более
6	10 × 1,6	+0,5	+0,4	0,067	30	1,0
10	16 × 1,6	+0,6		0,115	45	0,6
	16 × 1,8			0,126		1,0
15	20 × 1,6			0,146	60	0,25
	20 × 1,8			0,160		0,6
	20 × 2,0			0,175		1,0
20	25 × 1,6	+0,7		0,186	80	0,25
	25 × 1,8			0,205		0,6
	25 × 2,0			0,224		1,0
25	32 × 1,8	+0,8		0,267	110	0,25
	32 × 2,0			0,292		0,6
	32 × 2,5		+0,5	0,359		1,0
32	40 × 1,8	+0,9	+0,4	0,339	150	0,25
	40 × 2,0			0,370		0,6
	40 × 3,1		+0,5	0,546		1,0
40	50 × 2,0	+1,1	+0,4	0,468	180	0,25
	50 × 2,4		+0,5	0,557		0,6
	50 × 3,9		+0,6	0,856		1,0
50	63 × 2,2	+1,3	+0,4	0,647	240	0,25
	63 × 3,0		+0,5	0,863		0,6
	63 × 4,9		+0,7	1,350		1,0
70	75 × 2,5	+1,5	+0,5	0,883	330	0,25
	75 × 3,6		+0,6	1,230		0,6
	75 × 5,8		+0,8	1,900		1,0
80	90 × 2,8	+1,7	+0,5	1,180	400	0,25
	90 × 4,3		+0,7	1,760		0,6
	90 × 7,0		+0,9	2,730		1,0
100	110 × 3,2	+2,0	+0,5	1,630	500	0,25
	110 × 5,3		+0,8	2,640		0,6
	110 × 8,5		+1,1	4,060		1,0
125	140 × 4	+2,4	+0,6	2,590	600	0,25
	140 × 6,7		+0,9	4,210		0,6
	140 × 10,8		+1,3	6,540		1,0

Продолжение табл. 7.18

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм: по наружному диаметру	Допускаемые отклонения, мм: по толщине стенки	Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба трубы (по осевой линии), мм	Условное избыточное давление среды $p_у$, МПа, не более
150	160 × 4	+2,7	+0,6	2,960	800	0,25
	160 × 7,7		+1,0	5,540		0,6
	160 × 12,4		+1,5	8,570		1,0

Примечания.

1. Трубы поставляются длиной 5, 6 и 8 м с допускаемым отклонением от заказной длины ±50 мм. По согласованию сторон трубы могут поставляться длиной до 12 м.

2. Допустимое рабочее давление равно условному давлению для температуры транспортируемой среды +20°С. При увели- чении температуры транспортируемой среды и в зависимости от ее характера рабочее давление снижается по особым техни- ческим условиям.

3. По ГОСТ 28117 предусматривается выпуск деталей трубопроводов из винипласта (крестовины прямые, тройники прямые и переходные, угольники прямые, переходы, муфты, отводы с углом поворота 90 и 45°, компенсаторы и др.) на условное избыточное давление 0,2; 0,5; 0,6 и 1,0 МПа.

Таблица 7.19

Рекомендуемый сортамент труб из полиэтилена низкого давления (высокой плотности) (МРТУ 6-05-917—67)

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм: по наружному диаметру	Допускаемые отклонения, мм: по толщине стенки	Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба трубы* (по осевой линии), мм	Условное избыточное давление $p_у$, МПа, не более
6	10 × 1,6	+0,5	+0,4	0,04	40	0,6
	10 × 2,0		+0,5	0,05		1,0
10	16 × 1,6	+0,6	+0,4	0,08	65	0,25
	16 × 1,8		+0,5	0,09		0,6
	16 × 2,8			0,13		1,0
15	20 × 1,6		+0,4	0,10	80	0,25
	20 × 2,3		+0,5	0,13		0,6
	20 × 3,5		+0,7	0,18		1,0
20	25 × 1,6	+0,7	+0,4	0,12	100	0,25
	25 × 2,8		+0,6	0,20		0,6
	25 × 4,3		+0,8	0,28		1,0
25	32 × 1,8	+0,8	+0,5	0,19	130	0,25
	32 × 3,5		+0,7	0,32		0,6
	32 × 5,3		+1,0	0,45		1,0
32	40 × 2	+0,9	+0,5	0,28	160	0,25
	40 × 4,3		+0,8	0,49		0,6

	40 ×6,8		+1,2	0,71		1,0

Продолжение табл. 7.19

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм: по наружному диаметру	Допускаемые отклонения, мм: по толщине стенки	Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба трубы* (по осевой линии), мм	Условное избыточное давление $p_у$, МПа, не более
40	50 × 2,5	+1,1	+0,6	0,41	200	0,25
	50 × 5,3		+1,0	0,75		0,6
	50 × 8,5		+1,5	1,10		1,0
50	63 × 3	+1,3	+0,7	0,59	250	0,25
	63 × 6,8		+1,2	1,21		0,6
	63 × 10,5		+1,8	1,73		1,0
70	73 × 3,5	+1,4	+0,7	0,82	300	0,25
	75 × 8		+1,4	1,71		0,6
80	90 × 4,3	+1,7	+0,9	1,18	360	0,25
	90 × 9,5		+1,5	2,39		0,6
100	110 × 5,3	+2,0	+1,0	1,76	440	0,25
	110 × 12		+2,0	3,68		0,6
125	140 × 6,8	+2,4	+1,2	2,86	560	0,25
150	160 × 7,5	+2,7	+1,3	3,60	640	

Примечания.

1 Трубы поставляются в прямых отрезках длиной 6, 8, 10 и 12 м с допуском ±50 мм или в бухтах (для $D_у \leq 40$ мм).

2. Выбор допустимого рабочего давления в зависимости от характера и температуры рабочей среды производится по табл. 7.21.

3. Рекомендуемая область применения полиэтиленовых труб указана в табл. 7.22.

4. По МН 3005—61 — МН 3017—61 предусматривается выпуск деталей трубопроводов из полиэтилена низкого давления (высокой плотности) — крестовины прямые, тройники прямые, угольники прямые и с крепежным фланцем, муфты, переходы, футорки, ниппеля, гайки накидные, втулки резьбовые, буртовые и под фланцы, фланцы стальные условных проходов, соответствующих выпускаемым трубам.

---

* В горячем состоянии. При гибке труб в холодном состоянии минимальный радиус гиба увеличивается в 4,5 раза.

Таблица 7.20

Рекомендуемый сортамент труб из полиэтилена высокого давления (низкой плотности) (МРТУ 6-05-918—67)

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм: по наружному диаметру	Допускаемые отклонения, мм: по толщине стенки	Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба трубы* (по осевой линии), мм	Условное избыточное давление $p_у$, МПа, не более
6	10 × 2	+0,5	+0,5	0,06	40	1,0
10	16 × 2	+0,6		0,09	65	
15	20 × 2			0,12	80	

Продолжение табл. 7.20

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм: по наружному диаметру	Допускаемые отклонения, мм: по толщине стенки	Масса 1 м, кг	Минимальный радиус гиба трубы* (по осевой линии), мм	Условное избыточное давление $p_у$, МПа, не более
20	25 × 2	+0,7	0,5	0,16	100	0,6
	25 × 2,3		+0,6	0,18		1,0
25	32 × 1,6	+0,8	+0,5	0,17	130	0,25
	32 × 2			0,20		0,6
	32 × 2,9		+0,6	0,29		1,0
32	40 × 1,6	+0,9	+0,5	0,21	160	0,25
	40 × 2,3			0,29		0,6
	40 × 3,7		+0,8	0,44		1,0
40	50 × 1,6	+1,1	+0,5	0,27	200	0,25
	50 × 2,9		+0,6	0,45		0,6
	50 × 4,6		+0,9	0,68		1,0
50	63 × 1,8	+1,3	+0,5	0,38	250	0,25
	63 × 3,6		+0,8	0,71		0,6
	63 × 5,8		+1,1	1,08		1,0
70	75 × 2	+1,4	+0,5	0,49	300	0,25
	75 × 4,3		+0,9	1,06		0,6
	75 × 6,9		+1,2	1,53		1,0
80	90 × 2,1	+1,7	+0,5	0,62	360	0,25
	90 × 5,1		+1,0	1,54		0,6
	90 × 8,2		+1,4	2,18		1,0
100	110 × 2,7	+2,0	+0,6	0,97	440	0,25
	110 × 6,3		+1,2	2,14		0,6
	110 × 10		+1,7	3,24		1,0
125	140 × 3,5	+2,4	+0,7	1,58	560	0,25
	140 × 8		+1,4	3,44		0,6
	140 × 2,8		+2,1	5,26		1,0
150	160 × 4	+2,7	+0,8	2,06	640	0,25
	160 × 9,1		+1,6	4,47		0,6
	160 × 14,6		+2,4	6,86		1,0
200	225 × 5,5	+3,7	+1,0	3,94	900	0,25
	225 × 12,8		+2,1	8,80		0,6
250	280 × 6,9	+4,5	+1,2	6,15	1120	0,25
300	315 × 7,7	+5,2	+1,4	7,75	1260	

Примечания.

1. Трубы поставляются в прямых отрезках длиной 6, 8, 10 и 12 м с допуском ±50 мм или в бухтах (для $D_у \leq 32$ мм).

2. Выбор допустимого рабочего давления в зависимости от характера и температуры рабочей среды производится по табл. 7.21.

3. Рекомендуемая область применения полиэтиленовых труб указана в табл. 7.22.

4. По МН 3005—61 — МН 3017—61 предусматривается выпуск деталей трубопроводов из полиэтилена высокого давления (низкой плотности) — крестовины прямые, тройники прямые, угольники прямые и с крепежным фланцем, муфты, переходы, футорки, ниппеля, гайки накидные, втулки резьбовые, буртовые и под фланцы, фланцы стальные условных проходов, соответствующих выпускаемым трубам.

* В горячем состоянии. При гибке труб в холодном состоянии минимальный радиус гиба увеличивается в 3 раза.

Таблица 7.21

Выбор допускаемого рабочего давления для труб из полиэтилена низкого и высокого давлений в зависимости от характера и температуры рабочей среды

Материал труб	Рабочая среда	Температура, °С, не более	Допускаемое δ_R, МПа, для условных давлений δ_δ, МПа		
			0,25	0,60	1,00
Полиэтилен низкого давления (высокой плотности)	Вода, инертные газы, негорючие и нетоксичные жидкости и пары, в которых материал химически стоек	20	0,25	0,60	1,00
		30	0,10	0,25	0,60
		40	—	0,10	0,25
		50		—	0,10
	Продукты с токсическими свойствами, пожаро- и взрывоопасные жидкости и газы, в которых материал химически стоек и для которых непроницаем	20	0,10	0,25	0,60
		30	—	0,10	0,25
		40		—	0,10
	Негорючие и нетоксичные жидкости и пары, в которых материал условно стоек	20	0,10	0,25	0,60
		30	—	0,10	0,25
		40		—	0,10
Полиэтилен высокого давления (низкой плотности)	Вода, инертные газы, негорючие и нетоксичные жидкости и пары, в которых материал химически стоек	20	0,25	0,60	1,00
		30	0,20	0,50	0,80
		40	0,10	0,30	0,50
		50	0,05	0,16	0,30
		60	—	0,10	0,20
	Продукты с токсическими свойствами, за исключением сильнодействующих ядовитых веществ и дымящихся кислот; горючие (в том числе сжиженные) и активные газы, легко воспламеняющиеся и горючие жидкости, в которых материал химически стоек и для которых непроницаем	20	0,10	0,25	0,60
		30	0,05	0,20	0,40
		40	—	0,10	0,20
	Негорючие и нетоксичные жидкости и пары, в которых материал химически условно стоек	20	0,10	0,25	0,60
		30	0,05	0,20	0,40
		40	—	0,10	0,20

Таблица 7.22

Рекомендуемая область применения полиэтиленовых трубопроводов в химических производствах

Транспортируемые среды	$D_у$, мм	Рабочее избыточное давление, δ_R, МПа	Рабочая температура среды, °С
Растворы гидрохлорида натрия и кальция	100—150	≤ 0,5	≤ 30
Растворы соляной и серной кислот; аммиачная среда	50—100	≤ 0,25	≤ 60
Слабые растворы серной, соляной и фосфорной кислот, известковое молоко; шлам; аммиачная вода	25—200	≤ 0,40	От —30 до +25
Сернистый газ от скрубберов	200—300	0,03	≤ 40
Меловое молоко; пульпа; промывные и оборотные воды; травильные растворы	60—250	≤ 0,25	≤ 60

Травильные растворы солей металлов	50—200	0,1	≤ 40
Рассол хлористого натрия и хлористого кальция	30—100	≤ 0,5	≤ 20

Таблица 7.23

Рекомендуемый сортамент труб из фторопласта-4 (ТУ 6-05-987)

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм		Масса 1 м, кг
		по наружному диаметру	по толщине стенки	
50	58 × 4	4—7% (в пределах усадки)	±1,0	1,44
70	85 × 5		±1,25	3,87
100	112 × 6		±1,5	4,25
200	220 × 10		±2,0	14,00
300	324 × 12		±2,8	24,55
400	430 × 15		±3,0	41,50

Примечания.

1. Трубы изготавливаются длиной от 1 до 3,2 м.
2. Трубы размером 58×4 и 85×5 испытываются гидравлическим избыточным давлением $\partial_{пр}$=0,5 МПа, трубы больших размеров — пневматическим избыточным давлением $\partial_{пр}$= 0,25 МПа.
3. Для труб размеров 58×4, 85×5 и 112×6 по ВТУ 11-54—67 из фторопласта-4 изготавливаются крестовины, тройники и отводы; для всех размеров труб по чертежам заказчика изготавливаются компенсаторы температурных деформаций трубопроводов.
4. По ТУ НИИПМ 11-368—64 из фторопласта-4 изготавлива- ются трубы или шланги размеров 8×1; 10×1; 18×1,5; 23×1,5 и 26×1,5 длиной от 0,3 до 15 м.

Таблица 7.24

Рекомендуемый сортамент труб из термостойкого боросиликатного стекла для напорных, безнапорных и вакуумных трубопроводов химических производств (ГОСТ 8894)

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Допускаемые отклонения, мм		Масса 1 м, кг	Условия применения	
		по наружному диаметру	по толщине стенки		Рабочее избыточное давление, МПа, не более	Допустимый перепад температуры*, °С
40	45 × 4	—2	±1,0	1,15	0,7	80
60	68 × 5	—3		2,21	0,6	75
80	93 × 6	—4		3,66	0,5	72
100	122 × 7	—5		5,65	0,4	65

Примечания.

1. Трубы выпускаются длиной 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75 и 3,0 м.
2. Трубы предназначены для транспортирования горячих и холодных агрессивных жидкостей и газов (за исключением плавиковой кислоты), воды и других продуктов.
3. По ГОСТ 11192 предусматривается выпуск фасонных частей из термостойкого стекла для трубопроводов с указанными в таблице условными проходами — отступов, отводов под углом 15, 30, 45, 60, 75 и 90°, двойных отводов , тройников прямых и переходных, крестовин прямых и переходов.

* При испытании труб на термическую стойкость.

Таблица 7.25

Рекомендуемые размеры труб из графитопласта (антегмита) марки АТМ-1 (СТУ-45-ЦЧ-942—63)

$D_у$, мм	$D_н \times s$, мм	Масса 1 м, кг
15	21 × 3,5	0,26
20	23 × 3,5	0,29
	28 × 5	0,64
25	33 × 3,5	0,59
	37 × 3,5	0,98
32	42 × 5*	1,05
	48 × 6	1,45
40	52 × 6*	1,58
50	60 × 6	1,70
	63 × 6,5*	2,10
60	74 × 7*	2,67
70	85 × 7,5*	3,32
75	90 × 7,5*	3,55
80	98 × 9*	4,58
90	114 × 12*	7,00
100	125 × 12,5	7,95

Примечания.

1. К трубам, отмеченным знаком *, выпускаются муфты, угольники, тройники и крестовины.
2. Трубы размеров 37×5,5; 48×6 и 60×6 изготавливаются длиной 6 м, остальных размеров — длиной 2 и 3 м.
3. Трубы из антегмита марок АТМ-1Г и АТМ-10 могут быть изготовлены по соглашению сторон.

Таблица 7.26

Сортамент кислотоупорного кирпича (ГОСТ 474)

Тип кирпича	a	b	h	h_1
	мм			
Прямой	230	113	65	—
Клин торцовый двусторонний	230	113	65	55

Продолжение табл. 7.26

Тип кирпича	a	b	h	h1
	мм			
Клинкерный двусторонний	230	113	65	55

Таблица 7.27

Рекомендуемые типоразмеры футеровочных керамических кислотоупорных (тип К) и термокислотоупорных (тип ТК) плиток (ГОСТ 961)

Тип плиток	a	b	h	s
	мм			
Квадратные	50	—	—	10
	100			10; 20
	150			20; 25; 30
	175			20; 30; 35; 50
	200			
Прямоугольные	100	50		10; 20; 30; 50
	150	75		20; 25; 30; 50
	175			20; 30
	200	100		20; 30; 35; 50
Клиновые	50	44	100	30
	100	88	200	20; 30; 50
	150	125	175	
		135		
		140		
		145		
	175	150		
		155		
		160		
		165		
		170		

Примечания.

1. Плитки толщиной 10 мм изготавливаются только типа К.
2. Допускаемые отклонения от линейных размеров для плиток 1-го сорта составляют: для размеров ≤100 мм — не более ±1 мм; для размеров >100 мм — не более ±2%.

Таблица 7.28

Рекомендуемый сортамент футеровочных плиток для целлюлозноварочных котлов (ГОСТ 11318)

Тип плиток	a	b	h
	мм		
Квадратные	100	—	—
	150		
	175		
	200		
Прямоугольные	100	50	
	150	75	
	175		
	200	50	
		100	
	230	113	
Клиновые	50	44	100
	75	67	150
	175	173	175
		170	200
		165	
		160	
		170	175
		165	
		160	
		155	
		150	
	150	145	
		140	
		135	
		130	
		125	
	135	120	
		115	
		110	
		105	
		90	
		80	
	75	67	
	100	88	200

Примечания.

1. Лицевые плитки изготавливаются толщиной s, равной 30, 40 и 50 мм, подкладочные — толщиной 20 и 30 мм. В толщину плиток не входит высота рифления.
2. Допускаемые отклонения от линейных размеров для плиток 1-го сорта составляют: для размеров ≤100 мм — не более ±1 мм; для размеров >100 мм — не более ±1,5%.

Таблица 7.29

Рекомендуемый сортамент футеровочных плиток из графитопласта (антигмита) марки АТМ-1

Тип плиток	Толщина	Ширина	Длина	Масса 1 м, кг
	мм			
Гладкие	10	125	90— 1000	2,4
		120	2000	2,3
С выступами "ласточкин хвост"	13	125	90— 1000	2,7

Примечание.
Допускаемое отклонение по толщине и ширине $^{+1,0}_{-0,5}$ мм.

Таблица 7.30

Фильтрующие элементы из керамики и фторопласта-4

Материал	Вид элементов и сортамент (каталог, ТУ)	Краткая техническая характеристика и назначение
Кислотоупорная керамика (шамотно-бетонитовая масса)	Цилиндры высотой 250 мм и диаметрами $D_н/D_в$=120/70 мм и $D_н/D_в$=90/50 мм; доски диаметром 175 мм и толщиной 20 мм	Фильтрующая керамика, из которой изготавливают элементы, в зависимости от размера пор обозначается № 21 (поры размером 50—60 мкм), № 32 (поры размером 85—100 мкм), № 43 (поры размером 110—130мкм) и № 64 (поры размером 133—155 мкм). Элементы применяются для фильтрации кислых сред любых концентраций (за исключением плавиковой и фосфорной кислот) температурой до +350 °С и щелочных сред концентрацией до 10% и температурой до +20 °С
Фторопласт-4	Цилиндр пористый наружным диаметром 60 мм со сферическим утолщенным дном (МРТУ 6-05-985—66)	Фильтрующий элемент предназначен для очистки от осадков агрессивных растворов различных концентраций при температуре до +120 °С
	Пластины пористые размером 170×170 мм; 200×200 мм; 250×250 мм; 300×300 мм и толщиной от 3 до 50 мм (ВТУ 11-50—60)	Фильтрующие элементы предназначены для очистки от осадков агрессивных растворов различных концентраций в интервале температур от —65 до +120 °С

Таблица 7.31

Рекомендуемый сортамент насадочных колец Ранига

Материал	ГОСТ или ТУ на изделия	$D_í$	$D_{âí}$	H
		мм		
Керамика кислотоупорная	ГОСТ 748	25	—	25
		50		50
		80		80
		100		100
		120		120
		150		150
Полуфарфор	ГОСТ 8261	15	—	15
		25		25
		50		50
Фторопласт-4	ТУ 5-810	—	40	5—100
			50	
			75	
			100	
			200	
			300	
			400	

Таблица 7.32

Рекомендуемый сортамент втулок и колец из фторопласта-4 (ТУ 6-05-810)

$D_í$	$D_{âí}$	$D_í$	$D_{âí}$	$D_í$	$D_{âí}$
мм		мм		мм	
37ρ1,5	20ρ1,5	70ρ3,0	28ρ2,0	95ρ4,0	45ρ2,5
45ρ2,5			30ρ2,0		50ρ2,5
50ρ2,5			35ρ2,0	100ρ4,0	60ρ2,5
	25ρ2,0	75ρ3,0	20ρ1,5	105ρ4,0	30ρ2,5
	35ρ2,0		28ρ2,0		80ρ3,0
	40ρ2,0		35ρ2,0	120ρ4,0	90ρ4,0
55ρ2,0	25ρ2,0		48ρ2,5	130ρ5,0	30ρ2,0
	32ρ2,0		50ρ2,5		48ρ2,5
60ρ2,5	25ρ2,0	80ρ3,0	20ρ1,5		78ρ3,0
	28ρ2,0	85ρ4,0		140ρ5,0	30ρ2,0
	35ρ2,0		40ρ2,0		48ρ2,5
	48ρ2,5		50ρ2,5		55ρ2,5
65ρ3,0	30ρ2,0	90ρ4,0	65ρ3,0		78ρ3,0
	48ρ2,5	95ρ4,0	32ρ2,0		130ρ5

Продолжение табл. 7.32

$D_н$	$D_{вн}$	$D_н$	$D_{вн}$	$D_н$	$D_{вн}$
мм		мм		мм	
150±5,0	30±0,2	170±6,0	100±4,0	$300_{-8,0}$	$220^{+8,0}$
	48±2,5		145±5,0		$240^{+8,0}$
	98±4,0		150±5,0		
160±6,0	100±4,0	200±6,0	90±4,0		$260^{+8,0}$
	120±4,0		120±4,0	$360_{-10,0}$	$300^{+8,0}$
	125±5		125±5,0	$400_{-10,0}$	$340^{+10,0}$
	50±2,5	210±8,0	172±6,0	$410_{-12,0}$	$350^{+10,0}$
	90±4,0	270±8,0		$460_{-12,0}$	$400^{+10,0}$
170±6,0	50±2,5		200±6,0	$500_{-12,0}$	$440^{+12,0}$
	80±3,0	280±8,0	230±8,0	$560_{-12,0}$	$500^{+12,0}$

$D_н$	L
≤200	25—100
210—280	25—70
300	10—30
360	≤100
400—500	15—100

7АСТЬ II

СВАРКА, МАЊКА И СКЛЕИВАНИЕ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИ ЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ГЛАВА 8

НЕРАЗЬЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

8.1. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Основным видом неразъемного соединения отдельных деталей в стальных сварных аппаратах является преимущественно электродуговая сварка, выполняемая различными способами (ручным, автоматическим и полуавтоматическим под флюсом, в защитных газах и др.).

Типы, конструктивные элементы, размеры и обозначения монометаллических стальных сварных соединений стандартизованы: для ручной электродуговой сварки (Р) — по ГОСТ 5264; для автоматической (А) и полуавтоматической (П) электродуговой сварки под флюсом — по ГОСТ 8713; для электродуговой сварки в защитных газах (З) — по ГОСТ 14771; для электрошлаковой сварки (Ш) — по ГОСТ 15164.

Типы, конструктивные элементы, размеры и обозначения сварных соединений двухслойных сталей установлены ГОСТ 16О98, а стальных труб и их элементов — ГОСТ 16О37.

Сварки имеют несколько способов выполнения, которые обозначаются:

автоматическая — под флюсом (А), на флюсовой подушке (Аф), на флюсо-медной подкладке (Ам), на стальной подкладке (Ас), с предварительным наложением подварочного шва (Апш), с предварительной подваркой корня шва (Апк); *полуавтоматическая* —под флюсом (П), на стальной подкладке (Пс), с предварительным наложением подварочного шва (Ппш), с предварительной подваркой корня шва (Ппк); *сварка в защитных газах* — в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным материалом (ИН), с присадочным материалом (ИНп), плавящимся электродом (ИП), в углекислом газе (УП); *слектрошлаковая сварка* — проволочным электродом (ШЭ); плавящимся мундштуком (ШМ); электродом большого сечения, соответствующим по форме поперечному сечению сварочного пространства (ШП).

На рис. 8.1—8.6 показаны наиболее употребительные в сварной технологической аппаратуре конструкции стальных сварных стандартных соединений, а в таблице — ссылки на соответствующие стандарты, в которых приведены основные размеры сварных соединений.

При сварке обечаек и труб, при варке днищ к обечайкам должны применяться, как правило, стыковые двусторонние швы. Односторонние швы применяются для соединения ненагруженных деталей и в тех случаях, когда невозможно применить двустороннюю сварку. При этом необходимо сварку осуществлять с подкладками (съемными и остающимися).

Угловые и тавровые сварные швы применяются для присоединения штуцеров, люков и т. п. деталей. Присоединение плоских днищ угловыми швами допускается только в аппаратах, неподведомственных Госгортехнадзору.

На корпусе аппарата допускается иметь не более одного замыкающего шва, доступного для визуального осмотра только с одной стороны. Замыкающий шов во всех аппаратах должен быть выполнен способом, обеспечивающим провар по всей толщине свариваемого металла (например, аргонодуговой сваркой корня шва с подкладным кольцом или замковым соединением). Перекрытие мест пересечения швов не допускается.

При приварке к корпусу или днищу аппарата опор, внутренних устройств и других деталей (кроме укрепляющих колец, штуцеров и люков) расстояние между краем шва приварки детали и краем ближайшего другого шва должно быть не менее толщины стенки корпуса или днища, но не менее 2О мм.

Продольные швы смежных обечаек и меридиональные швы выпуклых и конических днищ должны быть смещены относительно друг друга на трехкратную толщину наиболее толстого элемента, но не менее чем на 1ОО мм между осями швов.

Для аппаратов с толщиной стенки $s \leq 3О$ мм, работающих под избыточным давлением до 1,6 МПа и при температуре не ниже О и до 4ОО °С, продольные швы смежных обечаек и меридиональных днищ допускается не смещать относительно друг друга, если соединения выполняются автоматической или электрошлаковой сваркой при условии их 1ОО%-ного просвечивания или ультразвуковой дефектоскопии мест пересечения швов.

При стыковых соединениях элементов разной толщины конструкция их должна быть согласно рис. 8.7.

Смещение кромок соединяемых листов в продольных швах обечаек корпусов аппарата не должно

Рис. 8.1. Конструкции стыковых сварных соединений стали, выполненные электродуговой сваркой: а — односторонние беж скоса кромок; б — односторонние беж скоса кромок со съемной или остающейся подкладкой; в — двусторонние беж скоса кромок; г — односторонние со скосом одной кромки; д — односторонние со скосом одной кромки и со съемной или остающейся подкладкой: е — односторонние жамковые со скосом одной кромки; ж — двусторонние со скосом одной кромки; ж — односторонние со скосом двух кромок; и — двусторонние со скосом двух кромок; к — двусторонние с двумя скосами одной кромки; л — двусторонние со скосами двух кромок; м — двусторонние с криволинейным скосом одной кромки; н — двусторонние с двумя криволинейными скосами двух кромок; о — двусторонние с четырьмя криволинейными скосами двух кромок

Рис. 8.2. Конструкции угловых (а—д) и тавровых (е—л) сварных соединений стали, выполненных электродуговой сваркой: а, е — односторонние беж скоса кромок; б, ж — двусторонние беж скоса кромок; в — односторонние со скосом одной кромки; г, ж — двусторонние со скосом одной кромки; д, к — двусторонние с двумя скосами одной кромки; и — двусторонние с криволинейным скосом одной кромки; л — двусторонние с двумя криволинейными скосами одной кромки; м — внахлестку беж скоса кромок

Рис. 8.3. Конструкции стыковых (а—в), угловых (г—ж) и тавровых (ж—к) сварных соединений стали, выполненных электрошлаковой сваркой: а — беж скоса кромок; б — беж скоса кромок неравной толщины; в, е, к — беж скоса кромок на приварной подкладке; г, ж—беж скоса кромок с нормальной галтелью; д— со скосом двух кромок; ж, и — беж скоса кромок с увеличенной галтелью

Рис. 8.4. Конструкции стыковых сварных соединений двухслойной стали: а — двусторонние беж скоса кромок; б, в — двусторонние беж скоса кромок со снятием плакированного слоя; г — двусторонние со скосом одной кромки; д — двусторонние с криволинейным скосом одной кромки и снятием плакированного слоя; е, ж — двусторонние со скосом двух кромок; ж — двусторонние с криволинейным скосом двух кромок: и — двусторонние с криволинейными скосами двух кромок и снятием плакированного слоя; к — двусторонние с двумя скосами одной кромки; л — двусторонние с двумя скосами двух кромок; м — двусторонние с двумя криволинейными скосами двух кромок и снятием плакированного слоя; н — элемент снятия плакированного слоя

Рис. 8.5. Конструкции двусторонних угловых (а—д) и тавровых (е—и) сварных соединений двухслойной стали: а, е — двусторонние беж скоса кромок; б, ж — двусторонние со скосом одной кромки; в, ж — с двумя скосами одной кромки; г, д, и — со скосом двух кромок

Рис. 8.6. Конструкции сварных соединений стальных труб и их элементов: а — стыковые односторонние беж скоса кромок; б — стыковые односторонние со скосом одной кромки; в — стыковые односторонние со скосом одной кромки с остающейся или удаляемой подкладкой; г — стыковые односторонние со скосом двух кромок; д — стыковые односторонние с подкладкой; е — стыковые односторонние внахлестку; ж — двусторонние угловые; ж — двусторонние для соединения с плоскими фланцами; и — угловые со скосом одной кромки; к — угловые со скосом одной кромки; л — угловые со скосом одной кромки и с подкладкой; м — соединения под углом беж

скоса кромок; н — соединения под углом с подкладкой

превышать 10% номинальной толщины более тонкого листа, но не более 3 мм.

Смещение кромок в кольцевых швах при толщине листа до 20 мм также не должно превышать 10% номинальной толщины более тонкого листа плюс 1 мм, а при толщине листа свыше 20 мм — 15% толщины более тонкого листа, но не более 5 мм.

Смещение кромок в соединениях из двухслойной стали со стороны плакированного слоя должно быть не более 50% его толщины.

Совместный увод кромок в продольных и кольцевых швах не должен превышать 10% толщины листа плюс 3 мм, но не более 5 мм.

Точность стыковки концов обечаек между собой в корпусе аппарата, а также с днищами и фланцами должна быть обеспечена в пределах допускаемых отклонений размеров на смещение кромок в кольцевых швах.

Кроме сварных соединений стыковых, угловых и тавровых (под углом 90°) в аппаратах встречаются соединения под острым или тупым углами. Конструкция таких соединений также стандартизована: для ручной электродуговой сварки — по ГОСТ 11534, для автоматической и полуавтоматической электродуговой сварки — по ГОСТ 11533.

Для двухслойной стали конструкция угловых и тавровых сварных соединений под тупыми или острыми углами аналогична монометаллическим. При этом соединения двухслойной стали должны быть двусторонними с углом раскрытия под сварку $\alpha = 45—55°$ и углом скоса кромки $\alpha 1$; при $\beta > 90°$ $\alpha 1 = \alpha — (180 – \beta)°$, а при $\beta < 90°$ $\alpha 1 = \alpha – (90 – \beta)°$.

Рис. 8.7. Конструкции элементов для стыковых сварных соединений ражной толщины: а, 6 — для монометаллических листов, полос и т.п.; в — для двухслойных листов; г — для монометаллических и двухслойных листов при $s > 1,3s_1$, но до 5 мм; д, е — для труб, втулок и т.п.

Таблица 8.1

Сварные соединения стали

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения
		сварного соединения	способа сварки	
Стыковое листовой стали	8.1, *а*	С2	Р; ИП; УП	ГОСТ 5264 ГОСТ 14771
		С5	АФ	ГОСТ 8713
	8.1, *б*	С3	Р	ГОСТ 5264
		С4	ИН; ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С5	ИН;ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С7	Ас; Пс	ГОСТ 8713
	8.1, *в*	С4	Р	ГОСТ 5264
		С7	ИН; ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С2	А; П	ГОСТ 8713
	8.1, *г*	С5	Р	ГОСТ 5264
		С8	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С1О	Аф; Ам	ГОСТ 8713
	8.1, *д*	С6	Р	ГОСТ 5264
		С1О	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С11	Ап; Пп	ГОСТ 8713
	8.1, *е*	С7	Р	ГОСТ 5264
		С11	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С12	А	ГОСТ 8713
	8.1, *ж*	С8	Р	ГОСТ 5264
		С12	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С9	А	ГОСТ 8713
	8.1, *з*	С15	Р	ГОСТ 5264
		С17	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С17	Аф; Ам	ГОСТ 8713
	8.1, *и*	С18	Р	ГОСТ 5264
		С21	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С13	А; П	ГОСТ 8713
	8.1, *к*	С11	Р	ГОСТ 5264
		С15	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С29	А; П	ГОСТ 8713
	8.1, *л*	С21	Р	ГОСТ 5264
		С25	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		С3О	А; П	ГОСТ 8713
		С31	Аф	ГОСТ 8713
		С32	Апк	ГОСТ 8713
	8.1, *м*	С9	Р	ГОСТ 5264
	8.1, *н*	С19	Р	ГОСТ 5264
		С22	ИНп; ИП	ГОСТ 14771
		С23	ИП; УП	ГОСТ 14771
		С24	ИП; УП	ГОСТ 14771
		С21	А	ГОСТ 8713
	8.1, *о*	С22	Р	ГОСТ 5264
		С23	Р	ГОСТ 5264
		С26	ИП; УП	ГОСТ 14771
		С27	УП	ГОСТ 14771
		С33	А	ГОСТ 8713

Продолжение таблл. 8.1

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения
		сварного соединения	способа сварки	
Стыковое двухслойной листовой стали	8.4, *а*	С1	Р/Р; А/З+А	ГОСТ 16О98
	8.4, *б*	С2	А/А; Афп/А	ГОСТ 16О98
	8.4, *в*	С3	Ш/А; Ш/Р	ГОСТ 16О98
	8.4, *е*	С4	А/А; Р/Р	ГОСТ 16О98
	8.4, *д*	С5	А/А; Р/Р	ГОСТ 16О98
	8.4, *е*	С6	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
	8.4, *ж*	С7	Р/Р; А/А; Афп/А	ГОСТ 16О98
	8.4, *з*	С13	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
	8.4, *и*	С14	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
		С15	А+Ш/А; Р+Ш/А	ГОСТ 16О98
	8.4, *к*	С17	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
	8.4, *л*	С19	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
	8.4, *м*	С21	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
Стыковое толстолистовой стали, выполненное электрошлаковой сваркой	8.3, *а*	С1	ШЭ; ШМ; ШП	ГОСТ 15164
	8.3, *в*	С2	ШЭ; ШМ; ШП	ГОСТ 15164
Угловое листовой стали	8.2, *а*	У4	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
	8.2, *б*	У5	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		У2	Апш; Ппш	ГОСТ 8713
	8.2, *в*	У6	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
	8.2, *г*	У7	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		У3	Апш; Ппш	ГОСТ 8713
	8.2, *д*	У8	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		У4	Апш; Ппш	ГОСТ 8713
Угловое листовой двухслойной стали	8.5, *а*	У1	А/А; Р/Р	ГОСТ 16О98
	8.5, *б*	У2	Р/Р	ГОСТ 16О98
	8.5, *в*	У5	Р/Р	ГОСТ 16О98
	8.5, *г*	У7	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
	8.5, *д*	У8	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
Угловое толстолистовой стали, выполненное электрошлаковой сваркой	8.3, *г*	У1	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164
	8.3, *д*	У2	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164
	8.3, *е*	У3	ШЭ; ШМ; ШП	ГОСТ 15164
	8.3, *ж*	У4	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164

Продолжение табл. 8.1

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения
		сварного соединения	способа сварки	
Тавровое листовой стали	8.2, *е*	Т1	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
			А; П	ГОСТ 8713
	8.2, *ж*	Т3	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		Т5	А; П	ГОСТ 8713
	8.2, *з*	Т7	Р	ГОСТ 5264
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		Т9	Апш; Ппш	ГОСТ 8713
	8.2, *и*	Т8	Р	ГОСТ 5264
		Т13	Апш	ГОСТ 8713
	8.2, *к*	Т9	Р	ГОСТ 5264
		Т8	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		Т1О	А; П	ГОСТ 8713
	8.2, *л*	Т11	Р	ГОСТ 5264
		Т12	А	ГОСТ 8713
Тавровое листовой двухслойной стали	8.5, *е*	Т1	А/А; Р/Р	ГОСТ 16О98
	8.5, *ж*	Т2	Р/з; Р/Р	ГОСТ 16О98
		Т3	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
	8.5, *з*	Т4	А/А; Р/Р	ГОСТ 16О98
	8.5, *и*	Т5	Р/Р; А/А	ГОСТ 16О98
Тавровое толстолистовой стали, выполненное электрошлаковой сваркой	8.3, *з*	Т1	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164
	8.3, *и*	Т2	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164
	8.3, *к*	Т3	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164
Нахлесточное листовой стали	8.2, *м*	Н2	Р	ГОСТ 5264
			ИН; ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771
		Н1	А; П	ГОСТ 8713
Стыковое труб	8.6, *а*	С2	Г; ЗП; Р; Ф; ЗН	ГОСТ 16О37
		С4	Р; ЗН; ЗП	ГОСТ 16О37
	8.6, *б*	С8	ЗП; Р	ГОСТ 16О37
	8.6, *в*	С1О	ЗП; Р	ГОСТ 16О37
	8.6, *г*	С17	Г; ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16О37
	8.6, *д*	С18	ЗП; ЗН; Р; Ф	ГОСТ 16О37
		С19	ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16О37
Нахлесточное труб	8.6, *е*	Н3	Г; ЗП; Р	ГОСТ 16О37
Нахлесточное труб муфтой	8.6, *ж*	Н4	Г; ЗП; Р	ГОСТ 16О37
Угловое труб с фланцами	8.6, *з*	У5	ЗП; Р	ГОСТ 16О37
	8.6, *и*	У7	ЗП; Р	ГОСТ 16О37
Угловое ответвительного штуцера с трубой	8.6, *к*	У19	ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16О37
	8.6, *л*	У21	ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16О37
Стыковое секторов колец (отводов)	8.6, *м*	С54	ЗП; Р	ГОСТ 16О37
	8.6, *н*	С55	ЗП; Р	ГОСТ 16О37

8.1.1. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений ручной дуговой сваркой (ГОСТ k64)

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	s	R	e, не более	g Номин.	g Пред. откл.
C 28			От 1 до 2	От s до $2s$	$3s + 2$	0	+1
			Св. 2 до 6		$2s + 3$		
			Св. 6 до9				+2
			Св. 9 до 12		$2s + 4$		+3

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	s	b Номин.	b Пред. откл.	R	i	e, не более
C 3	Si ≥ 1		От 1 до 2	0	+0,5	От s до $2s$	От s до $3s$	$2s + 3$
			Св. 2 до 4		+1,0			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e, не более	g Номин.	g Пред. откл.
C 2			От 1,0 до 1,5	0	+0,5	6	1,0	±0,5
			Св. 1,5 до 3,0	1	±1,0	7	1,5	±1,0
			Св. 3,0 до 4,0	2	+1,0 –0,5	8	2,0	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e, не более	e_1, не более	g Номин.	g Пред. откл.
C 4			От 1,0 до 1,5	0	+0,5	6	4	1,0	±0,5
			Св. 1,5 до 3,0	1	±1,0	7	6	1,5	±1,0
			Св. 3,0 до 4,0	2	+1,0 – 0,5	8		2,0	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e, не более	g Номин.	g Пред. откл.
C 5			От 1,0 до 1,5	0	+0,5	6	1,0	±0,5
			Св. 1,5 до 3,0	1	±1,0	7	1,5	±1,0
			Св. 3,0 до 4,0	2	+1,0 – 0,5	8	2,0	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	s	b Номин.	b Пред. откл.	e, не более	g Номин.	g Пред. откл.
C 6			От 1 до 1,5	0	+О,5	6	1,О	±О,5
			Св. 1,5 до 3,О	1	±1,О	7	1,5	±1,О
			Св. 3,О до 4,О	2	+1,О –О,5	8	2,О	
C 7			$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e, не более	g ±1	
			2	2	±1,О	8	1,5	
			Св. 2 до 4			9		
			Св. 4 до 5		+1,5 –1,О	1О	2,О	
C 42			$s=s_1$	h ±1	f ±1	e, не более	e_1, не более	
			От 6 до 8	4	7	1О	12	
			Св. 8 до 1О	6	9	12	14	
			Св. 1О до 12	8	11	14	16	
С8			$s=s_1$	e Номин.	e Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.	
			От 3 до 5	8	±2	О,5	+1,5 -О,5	
			Св. 5 до 8	12				
			Св. 8 до11	16				
			Св. 11 до 14	2О				
			Св. 14 до 17	24	±3		+2,О -О,5	
			Св. 17 до 2О	28				
			Св. 2О до 24	32				
			Св. 24 до 28	35				
			Св. 28 до 32	38				
			Св. 32 до 36	41				
			Св. 36 до 4О	44				
			Св 4О до 44	49	±4			
			Св. 44 до 48	53				
			Св. 48 до 52	56				
			Св. 52 до 56	6О				
			Св. 56 до 6О	64				
C 9			$s=s_1$	b ±1	e Номин.	e Пред. откл.	e_1 ±2	g Номин.	g Пред. откл.
			От 3 до 5	3	1О	±2	4	О,5	+1,5 –О,5
			Св. 5 до 8		14				
			Св. 8 до 11	4	18				
			Св. 11 до 14		22				
			Св. 14 до 17	5	26	±3	6		+2,О –О,5
			Св. 17 до 2О		3О				
			Св. 2О до 24		34		8		
			Св. 24 до 28		38				
			Св. 28 до 32		41				
			Св. 32 до 36		44				
			Св. 36 до 4О		49				
			Св. 4О до 44		53	±4			
			Св. 44 до 48		56				
			Св. 48 до 52		6О				
			Св. 52 до 56		64				
			Св. 56 до 6О		68				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s = s_1$	R ± 1	e: Номин.	e: Пред. откл.	e_1 ± 2	$s = s_1$: Номин.	$s = s_1$: Пред. откл.
C 13			От 15 до 17	8	16	± 3	1О	О,5	+ 2,О – 0,5
			Св. 17 до 2О		17				
			Св. 2О до 24		18				
			Св. 24 до 28		19				
			Св. 28 до 32		2О				
			Св. 32 до 36		22		12		
			Св. 36 до 4О		24				
			Св. 4О до 44		26	± 4			
			Св. 44 до 48		28				
			Св. 48 до 52		3О				
			Св. 52 до 56		32				
			Св. 56 до 6О		34				
			Св. 6О до 64	1О	36	± 5	14		+ 3,О – 0,5
			Св. 64 до 7О		38				
			Св. 7О до 76		4О				
			Св. 76 до 82		42				
			Св. 82 до 88		44				
			Св. 88 до 94		46				
			Св. 94 до 1ОО		48				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s=s_1$	R ± 1	e: Номин.	e: Пред. откл.	J: Номин.	J: Пред. откл.
C 16			От 3О до 32	8	16	± 3	О,5	+ 2,О – 0,5
			Св. 32 до 36		17			
			Св. 36 до 4О		18			
			Св. 4О до 44		19			
			Св. 44 до 48		2О			
			Св. 48 до 52		21			
			Св. 52 до 56		22			
			Св. 56 до 6О		23			
			Св. 6О до 64	1О	24	± 4		+ 3,О – 0,5
			Св. 64 до 7О		25			
			Св. 7О до 76		26			
			Св. 76 до 82		27			
			Св. 82 до 88		28			
			Св. 88 до 94		29			
			Св. 94 до 1ОО		3О			
			Св. 1ОО до 1О6		32			
			Св. 1О6 до 112		34			
			Св. 112 до 118		36			
			Св. 118 до 12О		38			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s = s_1$	e Номин.	e Пред. откл.	e_1 Номин.	e_1 Пред. откл.	$g = g_1$ Номин.	$g = g_1$ Пред. откл.
С 43			От 12 до 14	18	± 2	15	± 2	О,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 14 до 17	19	± 3	16			+ 2,О – 0,5
			Св. 17 до 2О	2О		17			
			Св. 2О до 24	22		18			
			Св. 24 до 28	24		19			
			Св. 28 до 32	27		2О			
			Св. 32 до 36	3О		21			
			Св. 36 до 4О	33		22			
			Св. 4О до 44	36		23			
			Св. 44 до 48	39		25			
			Св. 48 до 52	42		27			
			Св. 52 до 56	45		29			
			Св. 56 до 6О	48		31			
			Св. 6О до 64	51	± 4	33	± 3		+ 3,О – 0,5
			Св. 64 до 7О	54		35			
			Св. 7О до 76	57		37			
			Св. 76 до 82	6О		39			
			Св. 82 до 88	63		41			
			Св. 88 до 94	66		43			
			Св. 94 до 1ОО	69		45			

			$s = s_1$	e Номин.	e Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.
С17			От 3 до 5	8	±2	О,5	+1,5 -О,5
			Св. 5 до 8	12			
			Св. 8 до11	16			
			Св. 11 до 14	19			
			Св. 14 до 17	22	±3		+2,О -О,5
			Св. 17 до 2О	26			
			Св. 2О до 24	3О			
			Св. 24 до 28	34			
			Св. 28 до 32	38			
			Св. 32 до 36	42			
			Св. 36 до 4О	47			
			Св. 4О до 44	52	±4		
			Св. 44 до 48	54			
			Св. 48 до 52	56			
			Св. 52 до 56	6О			
			Св. 56 до 6О	65			

			$s = s_1$	b ± 1	e Номин.	e Пред. откл.	e_1 ± 2	g Номин.	g Пред. откл.
С 18			От 3 до 5	3	1О	± 2	4	О,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 5 до 8		16				
			Св. 8 до 11	4	2О				
			Св. 11 до 14		24				
			Св. 14 до 17	5	28	± 3	6		+ 2,О – 0,5
			Св. 17 до 2О		32				
			Св. 2О до 24		36		8		
			Св. 24 до 28		4О				
			Св. 28 до 32		44				
			Св. 32 до 36		48				
			Св. 36 до 4О		5О				
			Св. 4О до 44		54	± 4			
			Св. 44 до 48		56				
			Св. 48 до 52		6О				
			Св. 52 до 56		63				
			Св. 56 до 6О		68				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	b ± 1	e		J	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 19			От 6 до 1О	8	17	± 2	О,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 1О до 14		19			
			Св. 14 до 18		22	± 3		+ 2,О – 0,5
			Св. 18 до 22		24			
			Св. 22 до 26	12	26			
			Св. 26 до 3О		28			
			Св. 3О до 35		3О			
			Св. 35 до 4О		32			
			Св. 4О до 47		34	± 4		
			Св. 47 до 54		36			
			Св. 54 до 6О		38			
			Св. 6О до 66		4О	± 5		+ 3,О – 0,5
			Св. 66 до 72		44			
			Св. 72 до 78		48			
			Св. 78 до 85		52			
			Св. 85 до 92		56			
			Св. 92 до 1ОО		6О			
			s	b ± 1	e Номин.	e Пред. откл.	J Номин.	J Пред. откл.
С 2О			От 3 до 5	3	1О	± 2	О,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 5 до 8		16			
			Св. 8 до 11	4	2О			
			Св. 11 до 14		24			
			Св. 14 до 17	5	28	± 3		+ 2,О – 0,5
			Св. 17 до 2О		32			
			Св. 2О до 24		36			
			Св. 24 до 28		4О			
			Св. 28 до 32		44			
			Св. 32 до 36		48			
			Св. 36 до 4О		5О			
			Св. 4О до 44		54	± 4		
			Св. 44 до 48		56			
			Св. 48 до 52		6О			
			Св. 52 до 56		64			
			Св. 56 до 6О		68			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	*e*		*J*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 26			От 3О до 34	23	± 3	О,5	+ 2,О − 0,5
			Св. 33 до 38	24			
			Св. 38 до 42	25			
			Св. 42 до 46	26			
			Св. 46 до 5О	27			
			Св. 5О до 54	28			
			Св. 54 до 6О	29			
			Св. 6О до 66	31	± 4		+ 3,О − 0,5
			Св. 66 до 72	33			
			Св. 72 до 78	34			
			Св. 78 до 84	36			
			Св. 84 до 9О	38			
			Св. 9О до 96	4О			
			Св. 96 до 1ОО	42			
			Св. 1ОО до 1О8	44			
			Св. 1О8 до 116	46			
			Св. 116 до 124	48			
			Св. 124 до 132	5О	± 5		
			Св. 132 до 14О	52			
			Св. 14О до 148	54			
			Св. 148 до 156	56			
			Св. 156 до 164	6О			
			Св. 164 до 17О	64			
			Св. 17О до 175	68			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	*h* ± 1	*e*		*J*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 27			От 3О до 34	8	17	± 3	О,5	+ 2,О − 0,5
			Св. 33 до 38		18			
			Св. 38 до 42		2О			
			Св. 42 до 46		21			
			Св. 46 до 5О		22			
			Св. 5О до 54		23			
			Св. 54 до 6О		25			
			Св. 6О до 66	12	28	± 4		+ 3,О − 0,5
			Св. 66 до 72		3О			
			Св. 72 до 78		32			
			Св. 78 до 84		34			
			Св. 84 до 9О		36			
			Св. 9О до 96		38			
			Св. 96 до 1ОО		4О			
			Св. 1ОО до 1О8	2О	42			
			Св. 1О8 до 116		44			
			Св. 116 до 124		46			
			Св. 124 до 132		5О	± 5		
			Св. 132 до 14О		54			
			Св. 14О до 148		57			
			Св. 148 до 156		6О			
			Св. 156 до 164		64			
			Св. 164 до 17О		68			
			Св. 17О до 175		72			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s = s_1$	e Номин.	e Пред. откл.	e_1 Номин.	e_1 Пред. откл.	$g = g_1$ Номин.	$g = g_1$ Пред. откл.
С 39			От 12 до 14	16	± 2	11	± 2	О,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 14 до 17	18	± 3	12			+ 2,О – 0,5
			Св. 17 до 2О	2О		13			
			Св. 2О до 24	22		14			
			Св. 24 до 28	25		16			
			Св. 28 до 32	28		18			
			Св. 32 до 36	3О		2О			
			Св. 36 до 4О	32		22			
			Св. 4О до 44	35		24			
			Св. 44 до 48	38		25			
			Св. 48 до 52	41		26			
			Св. 52 до 56	44		27			
			Св. 56 до 6О	47		28			
			Св. 6О до 64	49	± 4	29	± 3		+ 3,О – 0,5
			Св. 64 до 7О	51		3О			
			Св. 7О до 76	53		31			
			Св. 76 до 82	55		32			
			Св. 82 до 88	57		33			
			Св. 88 до 94	6О		34			
			Св. 94 до 1ОО	63		35			
			Св. 1ОО до 1О6	66		36			
			Св. 1О6 до 112	69		38			
			Св. 112 до 118	72		4О			
			Св. 118 до 12О	75		42			
С 4О			От 12 до 14	2О	± 2	1О	± 2	О,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 14 до 17	22	± 3	11			+ 2,О – 0,5
			Св. 17 до 2О	23		12			
			Св. 2О до 24	24		13			
			Св. 24 до 28	25		14			
			Св. 28 до 32	26		15			
			Св. 32 до 36	27		16			
			Св. 36 до 4О	28		18			
			Св. 4О до 44	29		2О			
			Св. 44 до 48	3О		21			
			Св. 48 до 52	31		23			
			Св. 52 до 56	32		25			
			Св. 56 до 6О	33		27			
			Св. 6О до 64	34	± 4	29	± 3		+ 3,О – 0,5
			Св. 64 до 7О	36		3О			
			Св. 7О до 76	38		31			
			Св. 76 до 82	4О		32			
			Св. 82 до 88	42		34			
			Св. 88 до 94	44		36			
			Св. 94 до 1ОО	47		38			
			Св. 1ОО до 1О6	5О		4О			
			Св. 1О6 до 112	52		42			
			Св. 112 до 118	54		44			
			Св. 118 до 12О	56		46			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	s	b Номин.	b Пред. откл.	R	i	не более
У 1			От 1 до 2	0	+ О,5	От s до 2s	От s до 3s	2s + 3
			Св. 2 до 4		+ 1,О			

*Ражмер для справок.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	И	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.
У 4	$s_1 \geq 1$		От 1,О до 1,5	Св. О,5 s до s	0	+ О,5
			Св. 1,5 до 3,О			+ 1,О
			Св. 3,О до 3О,О			+ 2,О

Условное обозначение сварного соединения	s	И	b		e, не более
			Номин.	Пред. откл.	
У 5	От 2 до 3	От О до О,5 s	0	+ 1	8
	Св. 3 до 5			+ 2	1О
	Св. 5 до 6				12
	Св. 6 до 8				14

Условное обозначение сварного соединения	s	e		g	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 6	От 3 до 5	8	± 2	О,5	+ 1,5 – 0,5
	Св. 5 до 8	12			
	Св. 8 до 11	16			
	Св. 11 до 14	2О			
	Св. 14 до 17	24	± 3		+ 2,О – 0,5
	Св. 17 до 2О	28			
	Св. 2О до 24	32			
	Св. 24 до 28	35			
	Св. 28 до 32	38			
	Св. 32 до 36	41			
	Св. 36 до 4О	44			
	Св. 4О до 44	49	± 4		
	Св. 44 до 48	53			
	Св. 48 до 52	56			
	Св. 52 до 56	6О			
	Св. 56 до 6О	64			

$s_1 \geq О,5s$

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	e		J	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 7	$s_1 \geq 0{,}5s$		От 3 до 5	8	± 2	0,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 5 до 8	12			
			Св. 8 до 11	16			
			Св. 11 до 14	20			
			Св. 14 до 17	24	± 3		+ 2,0 – 0,5
			Св. 17 до 20	28			
			Св. 20 до 24	32			
			Св. 24 до 28	35			
			Св. 28 до 32	38			
			Св. 32 до 36	41			
			Св. 36 до 40	44			
			Св. 40 до 44	49	± 4		
			Св. 44 до 48	53			
			Св. 48 до 52	56			
			Св. 52 до 56	60			
			Св. 56 до 60	64			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	e		e_1		g	
				Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 8	$s_1 \geq 0{,}5s$		От 8 до 11	10	± 2	9	± 2	0,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 11 до 14	12		11			
			Св. 14 до 17	14	± 3	12	± 3		+ 2,0 – 0,5
			Св. 17 до 20	16		14			
			Св. 20 до 24	18		16			
			Св. 24 до 28	20		18			
			Св. 28 до 32	22		20			
			Св. 32 до 36	24		22			
			Св. 36 до 40	26		24			
			Св. 40 до 44	28		26			
			Св. 44 до 48	30		28			
			Св. 48 до 52	32		30			
			Св. 52 до 56	34		32			
			Св. 56 до 60	36		34			
			Св. 60 до 64	39	± 4	37	± 4		+ 3,0 – 0,5
			Св. 64 до 70	42		40			
			Св. 70 до 76	45		43			
			Св. 76 до 82	48		46			
			Св. 82 до 88	51		48			
			Св. 88 до 94	54		52			
			Св. 94 до 100	58		56			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 1О	$s_1 \geq$ О,5s		От 3 до 5	8	± 2	О,5	+ 1,5 – 0,5
			Св. 5 до 8	12			
			Св. 8 до 11	16			
			Св. 11 до 14	19			
			Св. 14 до 17	22	± 3		+ 2,О – 0,5
			Св. 17 до 2О	26			
			Св. 2О до 24	3О			
			Св. 24 до 28	34			
			Св. 28 до 32	38			
			Св. 32 до 36	42			
			Св. 36 до 4О	47			
			Св. 4О до 44	52	± 4		
			Св. 44 до 48	54			
			Св. 48 до 52	56			
			Св. 52 до 56	6О			
			Св. 56 до 6О	65			

			s	b	
				Номин.	Пред. окл.
Т1	$s_1 \geqslant 2$		От 2 до 3	0	+1
			Св. 3 до 15		+2
			Св. 15 до 4О		+3

			s	b	
				Номин.	Пред. откл.
Т 3	$s_1 \geq 2$		От 2 до 3	0	+ 1
			Св. 3 до 15		+ 2
			Св. 15 до 4О		+ 3

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	e	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	Пред. откл.
Т6	$s_1 \geq 0{,}5s$		От 3 до 5	7	±2
			Св. 5 до 8	10	
			Св. 8 до11	14	
			Св. 11 до 14	18	
			Св. 14 до 17	22	±3
			Св. 17 до 20	26	
			Св. 20 до 24	30	
			Св. 24 до 28	33	
			Св. 28 до 32	36	
			Св. 32 до 36	40	
			Св. 36 до 40	44	
			Св. 40 до 44	47	±4
			Св. 44 до 48	50	
			Св. 48 до 52	54	
			Св. 52 до 56	58	
			Св. 56 до 60	62	

			s	R ±1	e	
					Номин.	Пред. откл.
Т2			От 15 до 17	8	14	±3
			Св. 17 до 20		15	
			Св. 20 до 24		16	
			Св. 24 до 28		17	
			Св. 28 до 32		18	
			Св. 32 до 36		20	
			Св. 36 до 40		22	
			Св. 40 до 44		24	±4
			Св. 44 до 48		26	
			Св. 48 до 52		28	
			Св. 52 до 56		30	
			Св. 56 до 60		32	
			Св. 60 до 64	10	34	±5
			Св. 64 до 70		36	
			Св. 70 до 76		38	
			Св. 76 до 82		40	
			Св. 82 до 88		42	
			Св.88 до 94		44	
			Св. 94 до 100		46	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	B	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.
Н1			От 2 до 5	3—2О	0	±1,О
			Св. 5 до 1О	8—4О		±1,5
			Св. 1О до 29	12—1ОО		±2,О
			Св. 29 до 6О	3О—24О		
Н2			От 2 до 5	3—2О	0	±1,О
			Св. 5 до 1О	8—4О		±1,5
			Св. 1О до 29	12—1ОО		±2,О
			Св. 29 до 6О	3О—24О		

Сварка стыковых соединений деталей неодинаковой толщины при разнице, не превышающей значений, указанных в табл. 8.2, должна проводиться так же, как деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по большей толщине.

Таблица 8.2

Толщина тонкой детали, мм	Разность толщин деталей, мм
От 1 до 4	1
Св. 4 до 2О	2
Св. 2О до 3О	3
Св. 3О	4

Для осуществления плавного перехода от одной детали к другой допускается наклонное расположение поверхности шва (рис. 8.8).

Рис. 8.8

При разности в толщине свариваемых деталей свыше значений, указанных в табл. 8.2, на детали, имеющей большую толщину s_1, должен быть сделан скос с одной или с двух сторон до толщины тонкой детали s, как указано на рис. 8.9, 8.1О и 8.11. При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Рис. 8.9

Рис. 8.10

Рис. 8.11

Допускается смещение свариваемых кромок перед сваркой относительно друг друга, не более:

0,5 мм — для деталей толщиной до 4 мм;

1,0 мм — для деталей толщиной 4–10 мм;

0,1 s, но не более 3 мм — для деталей толщиной 10–100 мм;

0,01 s + 2 мм, но не более 4 мм — для деталей толщиной более 100 мм.

В стыковых, тавровых и угловых соединениях толщиной более 16 мм, выполняемых в монтажных условиях, допускается увеличение номинального значения размера E до 4 мм с одновременным уменьшением значения угла скоса кромок на 3°.

При сварке в положениях, отличных от нижнего, допускается увеличение размера g и g_1 не более:

1,0 мм — для деталей толщиной до 60 мм;

2,0 мм — для деталей толщиной свыше 60 мм.

При выполнении двустороннего шва с полным проплавлением перед сваркой с обратной стороны корень шва должен быть расчищен до чистого металла.

Катеты углового шва K и K_1 должны быть установлены при проектировании сварного соединения, но не более 3 мм для деталей толщиной до 3 мм включительно и 1,2 толщины более тонкой детали при сварке деталей толщиной свыше 3 мм.

Предельные отклонения катетов углового шва K и K_1 от номинального значения должны соответствовать:

+ 1 мм — при K и $K_1 \leq 5$ мм;

+ 2 мм — при K и $K_1 \geq 6$ мм.

Минимальные значения катетов угловых швов приведены в табл. 8.3.

При применении электродов с более высоким временным сопротивлением разрыву, чем у основного металла, катет углового шва в расчетном соединении может быть уменьшен до значений, приведенных в табл. 8.4.

Допускается усиление или ослабление углового шва до 30 % его катета, но не более 3 мм. При этом ослабление не должно приводить к уменьшению расчетного катета.

Допускается применять установленные стандартом основные типы сварных соединений, конструктивные элементы и размеры сварных соединений при сварке в двуокиси углерода электродной проволокой диаметром 0,8 – 1,4 мм.

Таблица 8.3

Предел текучести свариваемой стали, МПа	Минимальный катет углового шва для толщины более толстого из свариваемых элементов, мм							
	От 3 до 4	Св. 4 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 22	Св. 22 до 32	Св. 32 до 40	Св. 40 до 80
До 400	3	4	5	6	7	8	9	10
Св. 400 до 450	4	5	6	7	8	9	10	12
Примечание. Минимальное значение катета не должно превышать 1,2 толщины более тонкого элемента.								

Таблица 8.4

Катет углового шва для отношения временного сопротивления разрыву металла шва к временному сопротивлению разрыву основного металла, мм

1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
4	4	4	3	3
5	5	4	4	4
6	6	5	5	4
7	7	6	6	5
8	7	7	6	6
9	8	8	7	7
10	9	9	8	7
11	10	9	9	8
12	11	10	9	9
13	12	11	10	9
14	13	12	11	10
15	14	13	12	11
16	15	14	13	12
17	16	14	13	12
18	17	15	14	13
19	17	16	15	14
20	18	17	16	14

8.1.k. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений сваркой под флюсом (ГОСТ 8Z13)

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	H, не более	g: Номин.	g: Пред. откл.
C 47		$\grave{a} \geq 0{,}65s$	АФ; ПФ	2	0	+0,3	8,5	1,5	±1,0
				Св. 2 до 3		+0,5	10		
				Св. 3 до 4		+0,8	12	2,0	+1,0 – 1,5
				Св. 4 до 5		+1,0	14		
				Св. 5 до 6					
				Св. 6 до 8			16		
				Св. 8 до 10			19		
				Св. 10 до 12			21		
Примечание. Способ сварки ПФ для $s < 3$ мм применять не рекомендуется.									
C 7			АФ; ПФ	2	0	+0,3	8,5	1,5	±1,0
				Св. 2 до 3		+0,5	10		
				Св. 3 до 4		+0,8	12	2,0	+1,0 – 1,5
				Св. 4 до 5		+1,0	14		
				Св. 5 до 6			19		
				Св. 6 до 9					±1,5
				Св. 9 до 14			23	3,0	+1,5 – 2,0
				Св. 14 до 20			28		±2,0
Примечание. Способ сварки ПФ для $s > 6$ мм применять не рекомендуется.									
C 29			АФф	2	0	+1	8,5	1,5	±1,0
				Св. 2 до 3	1	±1,0	10		+1,0 – 1,5
				Св. 3 до 5			12	2,0	
				Св. 5 до 6			19		
				Св. 6 до 9	2				
				Св. 9 до 10			24		+1,0 – 2,0
				Св. 10 до 14				2,5	
				Св. 14 до 16			26		±2,0
				Св. 16 до 22	3				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	h (пред. откл. ± 1)	f (пред. откл. ± 2)	e_1, не более
C 3О			АФф;	От 16 до 22	8	9	18
				Св. 22 до 26	13	14	24
				Св. 26 до 32	18	18	28

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	e		g	
					Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 9			АФф; АФм	От 8 до 9	18	±3	1,5	±1,О
				Св. 9 до 1О	2О	±4		
				Св. 1О до 14	22		2,О	+1,О – 1,5
				Св. 14 до 2О	24		2,5	+1,О – 2,О

П р и м е ч а н и е. Допускаются отсутствие обратного усиления шва и местные плавные ослабления глубиной не более О,1 *s* при полном проплавлении кромок.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b		δ, не менее	m, не менее	e		g	
					Номин.	Пред. откл.			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 1О			АФо; ПФо	8	2	±1,О	3	25	18	±3	1,5	±1,О
				Св. 8 до 1О					2О			
				Св. 1О до 12					22	±4	2,О	+1,О – 1,5
				Св. 12 до 14	3	±1,5	4					
				Св. 14 до 16					24		2,5	+1,О – 2,О
				Св. 16 до 18	4			3О				
				Св. 18 до 2О			6					
				Св. 2О до 24	5				26			+1,5 – 2,О
				Св. 24 до 3О				4О	3О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
C 11	$s_1 \geq s + 4$		АФо	8	2	±1,О	18	± 3	1,5	±1,О
				Св. 8 до 1О			2О			
				Св. 1О до 12			22	± 4	2,О	+1,О –1,5
				Св. 12 до 14	3	±1,5				
				Св. 14 до 16			24		2,5	+1,О –2,О
				Св. 16 до 2О	4					
				Св. 2О до 24	5		26			+1,5 –2,О
				Св. 24 до 3О			3О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	*e* Номин.	*e* Пред. откл.
C 15			АФ	От 2О до 24	22	± 3
				Св. 24 до 28	26	± 4
				Св. 28 до 3О	3О	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*e* Номин.	*e* Пред. откл.
C 2О	$s_1 \geq s + 4$		АФо	8	2	±1,О	16	± 3
				Св. 8 до 9			17	
				Св. 9 до 1О			18	
				Св. 1О до 12			2О	
				Св. 12 до 14	3	±1,5	23	
				Св. 14 до 16			24	
				Св. 16 до 18	4		28	
				Св. 18 до 2О			3О	± 4
				Св. 2О до 22	5		32	
				Св. 22 до 24			34	
				Св. 24 до 26			36	
				Св. 26 до 28			38	
				Св. 28 до 3О			4О	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 36			АФф	2О	3О	± 2	2,5	+1,О –2,О
				Св. 2О до 22	31			
				Св. 22 до 24	32			
				Св. 24 до 26	33			
				Св. 26 до 28	34			
				Св. 28 до 3О		± 3		
				Св. 3О до 32	35			
				Св. 32 до 34	36			
				Св. 34 до 36	37			
				Св. 36 до 38	38			
				Св. 38 до 4О	39			+1,5 –2,О
				Св. 4О до 42	4О			
				Св. 42 до 45	41	± 4		
				Св. 45 до 48	42			
				Св. 48 до 5О	43			
				Св. 5О до 55	46			
				Св. 55 до 6О	49			
C 37			АФо	*s*	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
				16	28	± 2	2,5	+1,О –2,О
				Св. 16 до 2О	3О			
				Св. 2О до 25	31	± 3		
				Св. 25 до 3О	34			
				Св. 3О до 35	36	± 4		
				Св. 35 до 4О	38			
				Св. 4О до 45	41			
	$s_1 \geq s + 4$			Св. 45 до 5О	43	± 5		+1,5 –2,О
				Св. 5О до 55	45			
				Св. 55 до 6О	47			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 25			АФ; ПФ	Св. 18 до 28	24	± 4	2,5	+1,0 – 2,0
				Св. 28 до 38	28	± 5		
				Св. 38 до 48	32			+1,5 – 2,0
				Св. 48 до 54	36			
				Св. 54 до 60	39			
Примечание. При способе сварки ПФ притупление $c = 3 \pm 1$ мм.								

					e		g		α, ° (пред. откл. ± 3°)
				$s = s_1$	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	
*С*25			АФк	От 24 до 28	24	± 4	2,5	+1,0 – 2,0	30
				Св. 28 до 38	29	± 5			
				Св. 38 до 48				+1,5 – 2,0	
				Св. 48 до 54	33				25
				Св. 54 до 60	36				

*С*38			АФф	$s = s_1$	J (пред. откл. ± 4)
				От 18 до 28	24
				Св. 28 до 40	32
				Св. 40 до 50	38
				Св. 50 до 60	43

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	R (пред. откл. ±1)	e Номин.	e Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.	α, ° (пред. откл. ± 3°)
С4О			АФш	От 24 до 28	6	25	± 5	2,5	+1,0 – 2,0	12
				Св. 28 до 36		28	± 6			
				Св. 36 до 4О		31				
				Св. 4О до 42	8				+1,5 – 2,0	1О
				Св. 42 до 55		36	± 7			
				Св. 55 до 65		46				
				Св. 65 до 8О		5О	± 9			
				Св. 8О до 1ОО		58	± 1О			
				Св. 1ОО до 11О	1О	61				8
				Св. 11О до 115		63				
				Св. 115 до 12О		65				
				Св. 12О до 125		67				
				Св. 125 до 13О		68	± 11			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	e Номин.	e Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.
С 41			АФш	24	28	± 3	2,5	+1,0 – 2,0
				Св. 24 до 26	29			
				Св. 26 до 3О	31			
				Св. 3О до 32	32			
				Св. 32 до 34	33			
				Св. 34 до 36	34	± 4		
				Св. 36 до 38	35			
				Св. 38 до 42	36			+1,5 – 2,0
				Св. 42 до 45	38			
				Св. 45 до 5О	4О			
				Св. 5О до 55	42	± 5		
				Св. 55 до 6О	45			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	e (пред. откл. ± 3)	i	R
У 1	$s_1 \geq 0{,}7s$		АФ; ПФ	1,5—3,0	$s + s_1$	s — 3s	s — 1,5s

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	$И$ (пред. откл. ±1)
У 5			АФш; ПФш	4	1,5
				Св. 4 до 9	2
				Св. 9 до 14	3

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. окл.
Т1	$s_1 \geq 0{,}5s$		АФ; ПФ	3	0	+0,8
				Св. 3 до 5		+1,0
				Св. 5 до 40		+1,5

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.
Т 3	$s_1 \geq 0{,}5s$		АФ; ПФ	3	0	+0,8
				Св. 3 до 5		+1,0
				Св. 5 до 40		+1,5

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.
Т 3	$s_1 \geq 0{,}5s$		АФш; ПФш	От 3 до 5	0	+1,5
				Св. 5 до 9		+2,0
				Св. 9 до 10		
				Св. 10 до 14		+3,0
				Св. 14 до 20		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	e: Номин.	e: Пред. откл.	g (пред. откл. ±2)
Т 2	$s_1 \geq 0{,}5s$		АФш	16	18	±3	6
				Св. 16 до 18	19		
				Св. 18 до 20	20		
				Св. 20 до 22			7
				Св. 22 до 24	21		
				Св. 24 до 26	22		
				Св. 26 до 28		±4	8
				Св. 28 до 30	23		

* Ражмер для справок.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b		g (пред. откл ±2)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	
Т2			АФш	16	18	±3	6
				Св.16 до 18	19		
				Св. 18 до 2О	2О		
				Св. 2О до 22			7
				Св. 22 до 24	21		
				Св. 24 до 26	22		
				Св. 26 до 28		±4	8
				Св. 28 до 3О	23		
Т8			АФ; ПФ	От 16 до 18	25	+4 -7	4
				Св.18 до 22	3О	+4 -8	5
				Св. 22 до 26	36	+4 -1О	6
				Св. 26 до 3О	4О	+4 -11	7
				Св. 3О до 36	5О	+4 -12	8
				Св. 36 до 4О	56	+4 -16	9

П р и м е ч а н и е. При способе сварки ПФ притупление c = 3±1 мм.

				s	h (предл. откл. ±1)	g		$g1$ (предл. откл. ±2)	e		$e1$	
						Номин.	Предл. откл.		Номин.	Предл. откл.	Номин.	Предл. откл.
Т4			АФш; ПФш	2О	7	6	±2	3	26	+4 -7	13	±3
				Св. 2О до 24		7						
				Св. 24 до 28	8	8		4	29	+4 -8		
				Св. 28 до 34	1О	1О		5	35	+4 -1О	17	
				Св. 34 до 4О	12	12	±3		4О	+4 -11		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.
Н1			АФ; ПФ	От 1 до 5	0	±1,О
				Св.5 до 1О		±2,О
				Св. 1О до 2О		±3,О
Н2			АФ; ПФ	От 1 до 5	0	±1,О
				Св.5 до 1О		±2,О
				Св. 1О до 2О		±3,О

Стандарт распространяется на соединения из сталей, а также сплавов на железоникелевой и никелевой основах, выполняемых сваркой под флюсом, и устанавливает основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений.

Стандарт не распространяется на сварные соединения стальных трубопроводов по ГОСТ 16О37.

В стандарте приняты следующие обозначения способов сварки под флюсом:

АФ — автоматическая на весу;

АФф — автоматическая на флюсовой подушке;

АФм — автоматическая на флюсомедной подкладке;

АФо — автоматическая на остающейся подкладке;

АФп — автоматическая на медном ползуне;

АФш — автоматическая с предварительным наложением подварочного шва;

АФк — автоматическая с предварительной подваркой корня шва;

ПФ — полуавтоматическая на весу;

ПФо — полуавтоматическая на остающейся подкладке;

ПФш — полуавтоматическая с предварительным наложением подварочного шва;

ПФк — полуавтоматическая с предварительной подваркой корня шва.

При сварке кольцевых швов стыковых соединений допускается увеличение высоты усиления g, g_1 до 3О %.

Сварные соединения Т7, Т8, Т4 следует выполнять в положении «в лодочку» по ГОСТ 11969.

Угловые швы без скоса кромок разрешается выполнять как в нижнем положении, так и в положении «в лодочку» по ГОСТ 11969.

Подварочный шов и подварку корня шва разрешается выполнять любым способом дуговой сварки.

Сварка стыковых соединений деталей неодинаковой толщины при разнице, не превышающей значений, указанных в табл. 8.5, должна производиться так же, как деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по большей толщине.

Таблица 8.5

Толщина тонкой детали, мм	Разность толщин деталей, мм
От 2 до 4	1
Св. 4 до 3О	2
Св. 3О до 4О	4
Св. 4О	6

Для осуществления плавного перехода от одной детали к другой допускается наклонное расположение поверхности шва (рис. 8.12).

Рис. 8.12.

При разнице толщины свариваемых деталей свыше значений, указанных в табл. 8.5, на детали, имеющей большую толщину s_1, должен быть сделан скос с одной или с двух сторон до толщины тонкой детали s, как указано на рис. 8.13, 8.14 и 8.15. При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Катеты углового шва $к$, $к_1$ должны быть установлены при проектировании сварного соединения, но не более 3 мм для деталей толщиной до 3 мм включительно и 1,2 толщины более тонкой детали при сварке деталей толщиной свыше 3 мм.

Рис. 8.13

Рис. 8.14

Рис. 8.15

Предельные отклонения катета углового шва $к$ от номинального значения должны соответствовать:

+1,О мм — при $к < 8$ мм;

+1,5 мм — при $8 \le к \le 12$ мм;

+2,О мм — при $к > 12$ мм.

Допускается усиление или ослабление углового шва до 3О % его катета, но не более 3 мм. При этом ослабление не должно приводить к уменьшению расчетного значения катета.

Минимальные значения катетов угловых швов приведены в табл. 8.6.

При применении сварки под флюсом взамен ручной дуговой сварки катет углового шва расчетного соединения может быть уменьшен до значений, приведенных в табл. 8.7.

Допускается смещение свариваемых кромок перед сваркой относительно друг друга не более:

О,5 мм — для деталей толщиной до 4 мм;

1,О мм — для деталей толщиной 4—1О мм;

О,1s мм, но не более 3 мм — для деталей толщиной более 1О мм.

Таблица 8.6

Предел текучести свариваемой стали, Мпа	Минимальное значение катетов углового шва для свариваемого элемента большей толщины, мм							
	от 3 до 4	св. 4 до 5	св. 5 до 1О	св. 1О до 16	св. 16 до 22	св. 22 до 32	св. 32 до 4О	св. 4О до 8О
До 4ОО	3	3	5	5	6	7	8	9
Св. 4ОО до 45О	3	4	5	6	7	8	9	1О
Примечание. Минимальное значение катетов не должно превышать 1,2 толщины более тонкого элемента.								

Таблица 8.7

Катет углового шва для сварки, мм				
ручной дуговой	под флюсом			
	проволокой диаметром от 3 до 5		проволокой диаметром от 1,4 до 2,5	
	в положении «в лодочку»	в нижнем положении	в положении «в лодочку»	в нижнем положении
4	3	3	3	3
5	3	3	4	4
6	4	4	5	5
7	5	5	6	6
8	5	5	6	6
9	6	7	7	8
1О	6	8	8	9
11	7	9	9	1О
12	8	9	9	11
13	8	1О	11	13
14	9	11	12	14
15	1О	12	13	15
16	1О	13	14	16
17	13	17	17	17
18	14	18	18	18
19	15	19	19	19
2О	16	2О	2О	2О
21	16	21	21	21
22	17	22	22	22
23	23	23	23	23
24	24	24	24	24
25	25	25	25	25

8.1.3. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений в среде защитных газов (ГОСТ 14ZZ1)

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e, не более	e_1 Номин.	e_1 Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
С 4			ИН	О,5–О,9	0	+О,1	6,О	2,О	±1,0	0	±0,1	0	+О,2
				1,О–1,5		+О,2	7,О	4,О	±2,0		+О,2 –О,3		+О,5
				1,6–2,2		+О,3	8,О				+О,2 –О,5		+1,О
				2,5–4,О			9,О				+О,3 –1,О		
			ИНп	О,8–1,4		+О,5	7,О			О,5	+О,5 – О,2		+О,5
				1,5–2,2		+1,О	8,О					О,5	±О,5
				2,5–6,О			12,О			1,О	±0,5		
			ИП	О,8–1,4			7,О			О,5	+О,5 –О,2	0	+О,5
				1,5–2,8		+1,5	8,О			1,О	+1,О – О,5	О,5	±О,5
				3,О–6,О		+2,О	12,О	6,О		1,5		1,О	+1,О –О,5
			УП	О,8–1,4		+1,5	6,О			1,О			
				1,5–2,8			7,О						
				3,О–4,О		+2,О	8,О			1,5		1,5	±1,О
				4,5–6,О	2,О		9,О						
				7,О–8,О			12,О			2,О	±1,0		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	e, не более	g: Номин.	g: Пред. откл.	δ, не менее
C 5			ИН	0,5–0,9	0	+0,1	6,0	0	± 0,1	*s*
				1,0–1,5		+0,2	7,0		± 0,2	
				1,6–2,2		+0,3	8,0			
				2,5–4,0			10,0			
			ИНп	0,8–1,5		+0,5	7,0	0,5	+0,5 – 0,2	
				1,6–2,2		+1,0	8,0			
				2,5–6,0			12,0	1,0	± 0,5	3
			ИП	0,8–1,4			7,0	0,5	+0,5 –0,2	*s*
				1,5–2,8		+1,5	8,0	1,0	+1,0 – 0,5	
				3,0–6,0		+2,0	12,0	1,5		3
			УП	0,8–1,4		+1,5	6,0	1,0		*s*
				1,5–2,8		+2,0	7,0			
				3,0–4,0			8,0	1,5		3,0
				4,5–6,0	2,0		9,0			
				7,0–8,0			12,0	2,0	± 1,0	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	e, не более	g: Номин.	g: Пред. откл.
C 7			ИН	3,0–4,0	0	+0,5	9,0	0	+0,2
				4,5–6,0		+1,0	10,0		
			ИНп	3,0–4,0			9,0	1,0	+0,5 – 1,0
				4,5–6,0		+2,0	10,0		
			ИП	3,0–4,0		+1,0	9,0		± 1,0
				4,5–6,0		+2,0	10,0		
			УП	3,0–4,0		± 0,5	8,0	1,5	
				4,5–6,0		± 1,0	9,0	2,0	± 1,5
				7,0–8,0	1,5		10,0		
				9,0–10,0			12,0		
				11,0–12,0	2,0		14,0		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	c: Номин.	c: Пред. откл.	e: Номин.	e: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.	α, град. (пред. откл. ± 2°)
C 8			ИНп, ИП	3,0—3,5	1	± 1	1	± 1	6	± 2,0	1,0	+0,5 –1,0	50
				3,8—4,5					7				
				5,0—5,5					8			± 1,0	
				6,0					10				
				7,0					14				
				8,0					16				
				9,0					18				
				10,0					20				
			УП	3—4,0					6				40
				4,5—7,0					8				
				8—11,0					14				
				12—14	2,0	+1,0 –2,0	2	+1,0 –2,0	18	± 3,0	2,0	+1,0 – 2,0	
				16—18					22				
				20—22					26				
				24—26					30	± 4,0			
				28—30					34				
				32—34					38				
				36—40					42				
				42—45					46	± 5,0			
				48—53					50				
				56—60					54				
C 10			ИНп, ИП	3,0—3,5	1	±1	1	±1	6	±2	1	+0,3 – 1,0	50
				3,8—4,5					7				
				5,0—5,5					8			±1,0	
				6,0					12				
				7,0					14				
				8,0					16				
				9,0					18				
				10,0					20				
			УП	3,0—4,0					6				40
				4,5—7,0					10				
				8,0—11,0					16				
				12,0—14,0	2	+1 –2	2	+1 –2	20	±3	2	+1,0 – 2,0	
				16,0—18,0					24				
				20,0—22,0					30	±4			
				24,0—26,0					34				
				28,0—30,0					38				
				32,0—34,0					42				
				36,0—40,0					46				
				42,0—45,0		±2			50	±5	2,5	+1,5 – 2,0	
				48,0—53,0					54				
				56,0—60,0					58				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e Номин.	e Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.	α, град. (пред. откл. ± 2°)
C 11			ИНп, ИП	3,0—3,5	0	+3	7	± 2	1,0	+0,5 – 1,0	50
				3,8—4,5			8				
				5,0—5,5			9			± 1,0	
				6,0			12				
				7,0			14				
				8,0			16				
				9,0			18				
				10,0			20				
			УП	3—4,0			6				40
				4,5—7,0			10				
				8,0—11,0			16				
				12,0—14,0	2	± 2	20	± 3	2,0	+1,0 – 2,0	
				16,0—18,0			24				
				20,0—22,0			30	± 4			
				24,0—26,0			34				
				28,0—30,0			38				
				32,0—34,0			42				
				36,0—40,0			46				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c Номин.	c Пред. откл.	e Номин.	e Пред. откл.	e_1, (пред. откл. ± 2)	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.	α, град. (пред. откл. ± 2°)
C 12			ИНп, ИП	3,0—3,5	1	±1	1	±1	6	±2	6	1,0	+0,5 –1,0	0,5	+0,5	50
				3,8—4,5					7							
				5,0—5,5					8		8		±1	1,0	+1,0	
				6,0					10							
				7,0					14							
				8,0					18							
				9,0												
				10,0					20							
			УП	3,0—4,0					6					2,0	±1,0	40
				4,5—7,0					8							
				8,0—11,0					14							
				12,0—14,0	2	+1 –2	2	+1 –2	18	±3		2,0	+1,0 –2,0			
				16,0—18,0					22							
				20,0—22,0					26	±4						
				24,0—26,0					30							
				28,0—30,0					34							
				32,0—34,0					38							
				36,0—40,0					42							
				42,0—45,0					46	±5	10					
				48,0—53,0					50							
				56,0—60,0					54							

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	c: Номин.	c: Пред. откл.	e: Номин.	e: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.	α, град. (пред. откл. ± 2°)
C 15			ИНп	6—9	1	± 1	1	± 1	7	± 2	1	± 1	5О
				1О—12					9				
				14—16					13				
				18—2О					17				
			ИП, УП	8—11					8				4О
				12—14					1О				
				16—2О					12				
				22—26	2	+1 –2	2	+1 –2	16		2	+1 –2	
				28—32					18				
				34—38					22				
				4О—44					26				
				46—5О					3О				
				52—56					34	± 3			
				58—62					38				
				64—7О					42				
				72—8О					46	± 4			
				82—9О					5О				
				92—1ОО					54	± 5			
C 17			ИНп, ИП	3,О—4,О	1,О	±1,О	1,О	±1,О	6	±2	1	±1,О	3О
				4,5—5,5					7				
				6,О					8				
				7,О					1О				
				8,О					12				2О
			УП	9,О—1О,О					14				
				3,О—4,5					6				
				5,О—7,О					8				
				8,О—1О,О					1О				
				11,О—14,О	2,О	+1,О –2,О	2,О	+1,О –2,О	13	±3	2	+1,О –2,О	
				16,О—18,О					16				
				2О,О—22,О					2О	±4			
				24,О—26,О					24				
				28,О—3О,О					28				
				32,О—34,О					32				
				36,О—4О,О					36				
				42,О—45,О					4О	±5			
				48,О—53,О					44				
				56,О—6О,О					5О				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c Номин.	c Пред. откл.	e Номин.	e Пред. откл.	e_1, (пред. откл. ±2)	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.	α, град. (пред. откл. ±2°)
С 21			ИНп, ИП	3,0—3,5	1	±1	1	±1	6	±1	6	1,0	+0,5 –1,0	0,5	+0,5	30
				3,8—4,5					7	±2						
				5,0—5,5	2	+1 –2	2	+1 –2	8		8		±1,0	1,0	+1,0	
				6,0					10							
				7,0—8,0					12							
				9,0—10,0					14							
			УП	3,0—4,0					6							20
				4,5—7,0					8							
				8—11					10							
				12—14					13	±3		2,0	+1,0 –2,0	2,0	±1,0	
				16—18					16							
				20—22					20	±4	10					
				24—26					24							
				28—30					28							
				32—36					32							
				38—42					36							
				44—48					40							
				50—54					44							
				56—60					48							

Условное обозначение сварного соединения	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c (пред. откл. ±0,5)	e (пред. откл. ±2)	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
С 22			ИНп, ИП	4—4,5	0	+0,2	2,0	7	1,0	+0,5 – 1,0	0	+1
				6—7		+0,5	3,0	8		±1,0		+2
				8—9				10				
				10—12		+1,0	3,5	12	2,0	+1,0 – 2,0		
				14—16				16				
				18—20				18				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	r (пред. откл. ± 1)	e		e_1 (пред. откл. ± 2)	J		g_1 (пред. откл. ± 1)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения				Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	
C 23			ИП, УП	24—28	8	28	± 4	10	2	+1 –2	2
				30—34		30					
				36—40		32					
				42—45		34	± 5				
				48—50		36					
				53—56		38		12			
				60—63		40	± 6				
				65—70		43					
				75—80		48	± 7		3	+1 –3	3
				85—90		52					
				95—100		58	± 8				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	e		e_1 (пред. откл. ± 2)	g		g_1 (пред. откл. ± 1)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	
C 24			ИП, УП	24—28	22	±5	10	2	+1 –2	2
				30—34	25					
				36—40	28	±6				
				42—45	30					
				48—50	33					
				53—56	35		12			
				60—63	38					
				65—70	40	±7				
				75—80	43			3	+1 –3	3
				85—90	48	±8				
				95—100	53					

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*c* Номин.	*c* Пред. откл.	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* Номин.	*g* Пред. откл.	α, град. (пред. откл. ± 2°)
C 25			ИНп	6—9	1	± 1	1	± 1	7	± 2	1	± 1	3О
				1О—12					9				
				14—16					12				
				18—2О					15				
			ИП, УП	6—9					6				2О
				1О—12					8				
				14—16					1О				
				18—2О					12				
				22—28	2	+1 –2	2	+1 –2	15		2	+1 –2	
				3О—36					18	± 3			
				38—45					2О				
				48—53					24	± 4			
				56—6О					28				
				63—7О					32				
				75—8О					36				
				85—9О					4О	± 5			
				95—1ОО					44				
				1О5—11О					48	± 6			
				12О					52				

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* (пред. откл. +1; –2)
C 26	ИП, УП	26—3О	2О	±3	2
		32—36	22		
		38—42	23	±4	
		45—48	24		
		5О—53	25		
		56—6О	26		
		63—7О	3О	±5	3
		75—8О	32		
		85—9О	34	±6	
		95—1ОО	36		
		1О5—11О	38	±7	
		12О	4О		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	h_1 (пред. откл. +1)	e: Номин.	e: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.
С 27			УП	26—3О	1О	17	± 4	2	+1 –2
				32—36		19			
				38—42		2О			
				45—48		21			
				5О—53		22	± 5		
				56—6О		24			
				63—7О		26	± 6	3	+1 –3
				75—8О		28			
				85—9О		3О			
				95—1ОО	12	34			
				1О5—11О		37	± 7		
				12О		4О			

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.	$И$	e: Номин.	e: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.
У 4	ИНп	О,8—1,4	0	+О,5	0—О,5s	3	±1	0	+1,О
		1,5—2,О				5			
		2,2—3,2				7	±2		+1,5
		3,5—4,О				8			
	ИП, УП	О,8—1,4		+1,О		4	±1	1,О	+1,О
		1,5—2,8				6			
		3,О—5,О				8	±2		+1,5
		5,5—8,О				12			+2,О

$s_1 \geq О,8$

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b		$И$	e		g		K_1
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	
У5	$s_1 \geq 0{,}8$		ИНп	0,8—1,4	0	+0,5	0—0,5s	3	± 1	0	+1,0	2
				1,5—2,0				5	±2			
				2,2—3,2				7			+1,5	3
				3,5—4,0				8				
			ИП, УП	0,8—1,4		+1,0		4	± 1		+1,0	
				1,5—2,8				6				
				3—5				8	± 2		+1,5	
				5,5—8,0				12				
				9,0—12,0				15	± 3		+2,0	4

				s	b		$И$
					Номин.	Пред. откл.	
У5	$s_1 \geq 0{,}8$		ИНп	0,8—5,5	0	+0,5	Св. 0,5s до s
				6,0—10,0		+1,0	
			ИП, УП	0,8—6,0			
				7,0—11,0		+1,5	
				12,0—30,0		+2,0	

* Ражмер для справок

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.	c: Номин.	c: Пред. откл.	e: Номин.	e: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.	α, град. (пред. откл. ± 2°)
У 6	$s_1 \geq 0{,}5s$		ИНп, ИП,	3,0—3,5	1	± 1	1	± 1	6	± 2	1,0	+0,5 –1,0	50
				3,8—4,5					7				
				5,0—5,5					8			± 1,0	
				6,0					10				
				7,0					14				
				8,0					16				
				9,0					18				
				10,0					20				
			УП	3,0—4,0					6				40
				4,5—7,0					8				
				8,0—11,0					14				
				12,0—14,0	2	+1 –2	2	+1 –2	18	± 3			
				16,0—18,0					22		2,0	+1,0 –2,0	
				20,0—22,0					26				
				24,0—26,0					30	± 4			
				28,0—30,0					34				
				32,0—36,0					38				
				38,0—42,0					42				
				45,0—48,0					46	± 5			
				50,0—53,0					50				
				56,0—60,0					54				
У 7	$s_1 \geq 0{,}5s$		ИНп, ИП	3,0—3,5	1,0	±1,0	1,0	±1,0	6	±2	1,0	+0,5 –1,0	50
				3,8—4,5					7				
				5,0—5,5					8			±1,0	
				6,0					10				
				7,0					14				
				8,0					18				
				9,0									
				10,0					20				
			УП	3,0—4,0					6				40
				4,5—7,0					8				
				8,0—11,0					14				
				12,0—14,0	2,0	+1,0 – 2,0	2,0	+1,0 –2,0	18	±3	2,0	+1,0 –2,0	
				16,0—18,0					22				
				20,0—22,0					26	±4			
				24,0—26,0					30				
				28,0—30,0					34				
				32,0—34,0					38				
				36,0—40,0					42				
				42,0—45,0					46	±5			
				48,0—53,0					50				
				56,0—60,0					54				

* Ражмер для справок

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	e		e_1		$J = J_1$		α, град. (пред. откл. ± 2°)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	
У 8	$s_1 \geq 0{,}5s$		ИНп, ИП	6—9	7	± 2	5	± 1	1	± 1	5О
				1О—12	9		7				
				14—16	13		11	+2			
				18—2О	17		15				
			УП	6—1О	8		6				4О
				11—16	1О		8				
				18—22	13		11				
				24—28	16		14				
				3О—34	19		17		2	+1 –2	
				36—4О	22		2О				
				42—45	26		24				
				48—53	3О		28				
				56—63	38	± 3	36	± 3			
				65—7О	42		4О				
				75—8О	46	± 4	44	± 4			
				85—9О	5О		48				
				95—1ОО	54	+5	52	+5			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.
Т 1; *Т* 3	$s_1 \geq 0{,}6$		ИНп, ИП, УП	0,8—3,О	0	+О,5
				3,2—5,5		+1,О
				6,О—2О,О		+1,5
				22,О—4О,О		+2,О

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.	c: Номин.	c: Пред. откл.	e: Номин.	e: Пред. откл.	α, град. (пред. откл. + 2°)
Т 7	$s_1 \geq 0{,}5s$		ИНп	3,0—4,0	0	+1	1,0	± 1	7	± 2	55
				4,5—6,0					10		
				7,0—10,0					16		
			ИП, УП	3,0—4,0					6		45
				4,5—6,0					8		
				7,0—10,0					12		
				11,0—14,0		+2	2,0	+1,0 – 2,0	16	± 3	
				16,0—18,0					20		
				20,0—22,0					24	± 4	
				24,0—26,0					28		
				28,0—30,0					32		
				32,0—34,0		+3			36		
				36,0—40,0					42		
				42,0—45,0					46	+5	
				48,0—53,0					50		
				56,0—60,0					54		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.	B
Н 2	$s_1 \geq s$		ИН	0,8—3,0	0	+0,2	3,0—12,0
				3,2—4,0		+0,5	5,0—16,0
			ИНп	0,8—5,0			3,0—20,0
				5,5—10,0		+1,0	8,0—40,0
			ИП, УП	0,8—2,0		+0,5	3,0—20,0
				2,2—5,0		+1,0	
				5,5—10,0			8,0—40,0
				11,0—28,0		+1,5	12,0—100,0
				30,0—60,0		+2,0	30,0—240,0

* Ражмер для справок.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* Номин.	*b* Предл. откл.	*B*
Н1	 * Ражмер для справок		ИН	0,8—3,0	0	+0,2	3,0—12,0
				3,2—4,0		+0,5	5,0—16,0
			ИНп	0,8—5,0			3,0—20,0
				5,5—10,0		+1,0	8,0—40,0
			ИП, УП	0,8—2,0		+0,5	3,0—20,0
				2,2—5,0		+1,0	
				5,5—10,0			8,0—40,0
				11,0—28,0		+1,5	12,0—100,0
				30,0—60,0		+2	30,0—240,0

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: шва сварного соединения	Способ сварки	*s*	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*c* Номин.	*c* Пред. откл.	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* (пред. откл. ± 2)	α, град. (пред. откл. +2°)
T 8	 $s_1 \geq 0{,}5s$		ИНп	6—9	1	± 1	1	± 1	7	± 2	0,08*s*—0,25*s*	55
				10—12					9			
				14—16					12			
				18—20					16			
			ИП, УП	6—9					8			45
				10—12	2	+1 –2	2	+1 –2	10			
				14—18					12	± 3		
				20—24					14			
				26—30					16	± 4		
				32—36					20			
				38—42					24			
				45—48					28	± 5		
				50—53					32			
				56—60					36			
				63—65					40			
				70—75					44			
				80					48			

Стандарт устанавливает основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений из сталей, а также сплавов на железоникелевой и никелевой основах, выполняемых дуговой сваркой в защитном газе.

Стандарт не устанавливает основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений стальных трубопроводов по ГОСТ 16О37.

В стандарте приняты следующие обозначения способов сварки:

ИН — в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного металла;

ИНп — в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным металлом;

ИП — в инертных газах и их смесях с углекислым газом и кислородом плавящимся электродом;

УП — в углекислом газе и его смеси с кислородом плавящимся электродом.

При выполнении корня многослойного шва способом сварки, отличным от основного способа, которым производится заполнение разделки кромок, значения конструктивных элементов сварного соединения необходимо выбирать по основному способу сварки. При этом обозначение способа сварки следует производить дробью, в числителе которой дается обозначение способа сварки корня шва, а в знаменателе — обозначение основного способа сварки.

Для сварных соединений С12, С21, С23, С24, У7, У1О, Т7, имеющих толщину деталей s = 12 мм и более, а также для соединений С15, С16, С25, С27, У8, Т8, имеющих толщину деталей s = 2О мм и более, выполняемых способом сварки УП, допускается притупление $c = 5 \pm 2$ мм.

Сварка встык деталей неодинаковой толщины в случае разницы по толщине, не превышающей значений, указанных в табл. 8.8, должна производиться так же, как деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по бульшей толщине.

Таблица 8.8

Толщина тонкой детали	Разность толщин деталей
2—3	1
4—3О	2
32—4О	4
Св. 4О	6

Для осуществления плавного перехода от одной детали к другой допускается наклонное расположение поверхности шва (рис. 8.16).

Рис. 8.16

При разнице в толщине свариваемых деталей свыше значений, указанных в табл. 8.8, на детали, имеющей большую толщину s_1, должен быть сделан скос с одной или двух сторон до толщины тонкой детали s, как указано на рис. 8.17 и 8.18. При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Рис. 8.17

Рис. 8.18

Катет углового шва K не должен превышать 3 мм при сварке деталей толщиной до 3 мм включительно и 1,2 толщины более тонкой детали при сварке деталей толщиной свыше 3 мм.

В соединениях из проката с закругленными кромками (рис. 8.19) катет углового шва K не должен превышать О,9s.

Рис. 8.19

Предельные отклонения катета углового шва K от номинального значения должны соответствовать:

от +1,О до –О,5 мм при $K < 8$ мм;

от +1,5 до –О,5 мм при $8 \le K \le 12$ мм;

от +2,О до –1,О мм при $K > 12$ мм.

Усиление или ослабление углового шва может составлять до 3О % от величины его катета, но не более 3 мм.

Допускается перед сваркой смещение кромок относительно друг друга не более:

О,2s мм — для деталей толщиной до 4 мм;

О,1s + О,5 мм — для деталей толщиной 5—25 мм;

3 мм — для деталей толщиной 25—5О мм;

О,О4s + 1,О мм — для деталей толщиной 5О—1ОО мм;

О,О1s + 4,О мм, но не более 6 мм — для деталей толщиной более 1ОО мм.

При сварке в углекислом газе электродной проволокой диаметром О,8—1,4 мм допускается применять основные типы сварных соединений и их конструктивные элементы по ГОСТ 5264.

8.1.4. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений электрошлаковой сваркой (ГОСТ 1 164)

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	$b_р$	g: Номин.	g: Пред. откл.
С 1			*Шд*	От 16 до 3О	22	3	+2 –3
				Св. 3О до 8О	25		
				Св. 8О до 45О	28		
			ШМ	Св.3О	2О + $\delta_м$	5	±2
			ШМ	От 3О до 8ОО	2О + $\delta_п$ + + О,ОО5*l*	1О	±2

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	$b_р$	g: Номин.	g: Пред. откл.	*m* (пред. откл. +5)	*И* (пред. откл. +5)
С 2			*Шд*	От 16 до 3О	22	3	+2 –3	6О	4О
				Св. 3О до 8О	25				
				Св. 8О до 45О	28			8О	6О
			ШМ	Св. 3О	2О + $\delta_м$	5	±2		

* Ражмер для справок

			ШМ	От 3О до 8ОО	2О + $\delta_п$ + + О,ОО5*l*	1О	±2		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	s_1, не менее	$b_р$	g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					Номин.	Пред. откл.
У 1			*Шд*	От 16 до 3О	s	22	3	+2 –3
				Св. 3О до 8О		25		
				Св. 8О до 45О	8О	28		
			ШМ	Св.3О до 8О	**s**	2О+ $\delta_м$	5	±2
				Св. 8О	8О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	$b_р$
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			
У 2			*Шд*	От 16 до 3ОО	28
			ШМ	Св. 3О	2О+ $\delta_м$

* Ражмер для справок.

Примечание. Соединение следует применять при нагружениях, сождающих опасность расслоения свариваемых кромок.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	s_1, не менее	$b_р$	g		m (пред. откл. +5)	$И$ (пред. откл. +5)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					Номин.	Пред. откл.		
У 3			*Шd*	От 16 до 3О	s	22	3	+2 –3	6О	4О
				Св. 3О до 8О		25				
				Св. 8О до 45О	8О	28			8О	6О
			ШМ	Св. 3О до 8О	s	2О + $\delta_м$	5	±2		
				Св. 8О	8О					
			ШМ	От 3О до 8О	1,5 s	2О + $\delta_п$ О,ОО5l	1О	±2		
				Св. 8О до 8ОО	12О					

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	s_1, не менее	$b_р$	g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					Номин.	Пред. откл.
У 4			*Шd*	От 16 до 3О	s	22	3	+2 –3
				Св. 3О до 8О		25		
				Св. 8О до 45О	8О	28		
			ШМ	Св. 3О до 8О	s	2О + $\delta_м$	5	±2
				Св. 8О	8О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	s_1, не менее	$b_р$	h
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					
Т 1			*ШД*	От 16 до 3О	*s*	22	Не более 45О
				Св. 3О до 8О		25	
				Св. 8О до 45О	8О	28	
			ШМ	Св.3О до 8О	*s*	2О + $\delta_м$	Без ограничения
				Св. 8О	8О		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	s_1, не менее	$b_р$
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				
Т 2			*ШД*	От 16 до 3О	*s*	22
				Св. 3О до 8О		25
				Св. 8О до 45О	8О	28
			ШМ	Св. 3О до 8О	*s*	2О + $\delta_м$
				Св. 8О	8О	

* Ражмер для справок

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	s_1, не менее	$b_р$	m (пред. откл. +5)	$И$ (пред. откл. +5)	h
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва							
Т 3			*Шд*	От 16 до 3О	s	22	6О	4О	Не более 45О
				Св. 3О до 8О		25	8О	6О	
				Св. 8О до 45О	8О	28			
			ШМ	Св.3О до 8О	s	2О + $\delta_м$			Без ограничения
				Св. 8О	8О				

Стандарт устанавливает основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений из сталей. Стандарт не устанавливает размер зазора между свариваемыми деталями перед сваркой.

В стандарте приняты следующие обозначения способов электрошлаковой сварки:

Шд — проволочным электродом;

ШМ — плавящимся мундштуком;

ШМ — электродом, сечение которого соответствует по форме поперечному сечению сварочного пространства.

Для конструктивных элементов сварных соединений приняты следующие обозначения:

s, s_1 — толщина свариваемых деталей;

l — длина шва;

L — расстояние от торца полки тавра до нижней поверхности ребра;

b — ширина разделки кромок;

g — высота усиления сварного шва;

m — ширина остающейся подкладки;

$И$ — высота остающейся подкладки;

R — радиус галтели;

K — катет шва;

$\delta_п$ — толщина электрода, сечение которого соответствует по форме поперечному сечению сварочного пространства;

$\delta_м$ — толщина плавящегося мундштука (большая из толщин пластины или канала);

$b_р$ — расчетный зазор (рис. 8.17) — разность между размером сваренного изделия (B) и суммой размеров свариваемых частей ($B_1 + B_2$).

Рис. 8.17

8.1. . Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений из двухслойной коррозионностойкой стали (ГОСТ 16098)

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	e: не более	e_1: не менее
С 1			АУ/АУ; АУ/АУ13	8	3	±0,5	20	15
				10			22	
				12		±1,0		18
				14			24	20
				16			26	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	e: не более	e_1: не менее
С 1			Р/Р	4	2,0	±1,0	10	7
				6		±1,5	12	8
			АУ/Р+АУ	8	0,5	±0,5	20	15
				10			22	
			АУ13/АУ	8	1,0	+0,5 – 1,0		18
				14			24	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	f (пред. откл. +1)	e не более	e_1 не менее	g Номин.	g Пред. откл.
C 2				10–12	0	+1	9	24	30	1	+1,5 –0,5
				14–16			10		32		+2,0 –0,5
				18–20			11	26	35		
				10–12	2	±2	9	24	30		+1,5 –0,5
				14–16			10		32		+2,0 –0,5
				18–20			11	26	35		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b (пред. откл. ±2)	f (пред. откл. ±2)	e (пред. откл. ±5)	e_1 (пред. откл. ±5)	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
C 3				30–40	26	10	52	56	3	±2	1	+3 –0,5
				42–50		15	60	66				
				53–100	30	25		95		+3 –2	2	+3 –1,5
				102–160		35	65	115				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c Номин.	c Пред. откл.	α (пред. откл. ±5)	e не более	e_1 не менее	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
C 4			АУ АУ	14–16	0	+1	6	±1	40°	16	18	1,0	+1,5 –0,5	1,0	+1,5 –0,5
				18–20						18	20		–0,5 +2,0		–0,5 +2,0
			Q Q	8–10	2	+1 –2	2	+1 –2	50°	15	18		+1,0 –0,5		+2,0 –0,5
				12–16						17	22				+3,0 –0,5
				18–20						20	28		+2,0 –0,5		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c (пред. откл ±1)	e_1 не более	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
C 5			АУ АУ	50	0	+2	6	35	1,5	+2,5 –1,0	1,5	+2,0 –1,0
				60				40				
				70				45				
			Q Q	50	2	±1	3	35		+3,0 –0,5		+3,0 –0,5
				60				40				
				70				45				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c (пред. откл. ±1)	α (пред. откл. ±1)	e не более	e_1 не менее	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
C 6			𝑄 𝑄	8–10	1	±1,0	2	45°	24	9	1,0	+1,5 –0,5	1,0	+1,0 –0,5
				12–14	2	+1,0 – 2,0				11		+2,0 –0,5		
				16–18				30°	26					
				20–22					30					
				24–26					34					
			𝐴𝑌 𝐴𝑌	16–18	1	+0,5 – 1,0	6		25					
				20–22					30					
				24–26					35	12		+3,0 –0,5		
				28–30					40					

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	e, не более
C 12			𝐴𝑌; 𝑄	50	45
				60	50
				70	55
				80	60
				90	65
				100	70

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e Номин.	e Пред. откл.	α (пред. откл. ±5°)	$e = e_1$, не более	$g = g_1$ Номин.	$g = g_1$ Пред. откл.
C 13				12–14	2	±1	2	+1	45°	18	1,0	+2,0 –0,5
				16–20						22		
				22–26						25		
				28–30						28		
				32–40						36		+3,0 – 0,5
				42–50						44		
				53–60						50		
				16–20	0	+2	6	±1	50°	22	1,5	+2,0 – 0,5
				22–26						25		
				28–30						28		
				32–40						36		+2,5 – 1,0
				42–50						44		
				53–60						50		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	e (пред. откл. ±1)	h (пред. откл. ±1)	e Не более	e_1 Не менее	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
C 18				60	0	+2	6	30	35	50	1,5	+2,0 –1,0	1,5	+3,0 – 1,0
				70				35	40	55				
				60	2	±1	3	30	35	50	1,0	+3,0 –0,5	1,0	+4,0 – 0,5
				70				35	40	53				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c (пред. откл. ±1)	α Пред. откл.	α_1 Пред. откл.	e Не более	e Не менее	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
С 20			Q Q	18–20	2	+1	1	27°	35°	22	32	1,5	+3,0 –0,5	1,0	+3,0 –0,5
				22–26						25	35				
				28–30						28	39				
				32–40					30°	33	42				+4,0 –0,5
				42–50						44	53				
				53–85						50	60				
			AY AY ; AY/3 AY	18–20	0	+1	6	30°	35°	28	32	2,0	+2,5 –1,0	1,5	+3,0 –1,0
				22–26						29	35				
				28–30						30	39				
				32–40					30°	34	42				+4,0 –1,0
				42–50						37	53				
				53–85						42	60		+3,0 –1,0		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b (пред. откл. ±1)	e Не более	e_1 Не менее	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
С 22			AY+D AY	50–60	1	60	42	3,0	+2,0 –2,5	1,5	+3,0 – 1,0
				70–100			45				
				100–160			48				
			Q Q	50–60	2	38	44	1,0	+3,0 –0,5	1,0	+3,0 – 0,5
				70–100			47				
				100–160			50				
			AY AY	50–60	1	40	44	1,5	+3,0 –1,0	1,5	+3,0 – 1,0
				70–100			47				
				100–160			50				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s=s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c Номин.	c Пред. откл.	e Не более	e_1 Не менее	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
С 23			АУ/АУ	5О	0	+2	1О	±1,О	5О	2О	2,О	+2,О −1,О	1,5	+3,О −1,О
				6О					53					
				7О					56					
				8О					6О					
				9О					65	25		+3,О −1,О		
				1ОО					68					
				11О					72					
				12О					76					
				13О					8О					
				14О					84					
				15О					88					
				16О					92					
			D/АУ; АУ+D/АУ	5О					5О					
				6О					53					
				7О					56					
				8О					6О					
				9О					65					
				1ОО					68					
				11О					72					
				12О					76					
				13О					8О					
				14О					84					
				15О					88					
				16О					92					

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	K Не более	K_1 Не более	e_1 Не более
У2			a/a	8—1О	18	4	2О
				12—14	2О	6	24
				16—18	22		28
				2О	25	8	3О

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.	c (пред. откл. ±1)	K, не более	K_1 (пред. откл +3 –1)	e_1, не менее	g_1: Номин.	g_1: Пред. откл.
У 4				50	0	+2	3	30	12	25	1,0	+3,0 – 0,5
				60				32				
				70				35		28		
				80				38	23			
				90				40				
				100				43				
				50	2	±1	6	30	12	25	1,5	+2,0 – 1,0
				60				32				
				70				35		28		
				80				38	23			
				90				40				
				100				43				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	e_1	K_1	K
					Не более		
У 5				18—20	20 + s_1	3	20
				22—26	22 + s_1		22
				28—30	25 + s_1	4	25
				32—40	31 + s_1	5	31
				42—50	38 + s_1	6	38
				60	45 + s_1	8	45

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	b		e		p (пред. откл. ±1)	α (пред. откл. ±2)	e, не более
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.			
У 9				16—20	2	+1 –2	2	+1,0 – 0,5	3,0	10°	28
				22—26							34
				28—30							38
				16—20	0	+2	6	+1,0	5,0	13°	30
				22—26							34
				28—30							40

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	b		c		α (пред. откл. ±2)	e_1, не более	e, не более
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин	Пред. откл.			
У 10				16—20	2	+1 –2	2	+1,0 – 0,5	10°	30	18
				22—26						36	
				28—30						40	
				16—20	0	+2	6	+1,0	13°	32	20
				22—26						38	
				28—30						44	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	b		c (пред. откл. ±1)	c_1, не более
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.		
У 11				2О	2	+1	2	3О
				25				34
				3О				36
				4О				4О
				2О		±2	6	28
				25				3О
				3О				34
				4О				38

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b		$K = K_1$, не более
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	
Т 1				4—6	0	+1,О	4
				8—1О		+1,5	5
				12—14			6
				16—18		+2,О	8
				2О—4О			1О
				4—6	1	±1,О	4
				8—1О		+2,О – 1,О	5
				12—14			6
				16—18		+3,О – 1,О	7
				2О—26			8
				28—4О			1О

В стандарте приняты следующие обозначения способов сварки:

Р — ручная дуговая сварка;

АФ — автоматическая сварка под флюсом на весу;

АФф — автоматическая дуговая сварка под флюсом на флюсовой подушке;

З — дуговая сварка в защитных газах;

Ш — электрошлаковая сварка.

Сварка стыковых соединений деталей неодинаковой толщины при разности, не превышающей значений, указанных в табл. 8.9, должна производиться так же, как и у деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по большей толщине.

Таблица 8.9

Толщина тонкой детали	Разность толщины деталей
4—7	1
8—2О	2
22—36	3
Св. 4О	4

Выравнивание листов должно производиться по границе основного и плакирующего слоев — как указано на рис. 8.18 или по наружной поверхности плакирующего слоя — как указано на рис. 8.19.

Рис. 8.18

Рис. 8.19

При разнице толщины свариваемых деталей свыше значений, указанных в табл. 8.9, на детали, имеющей большую толщину s_1, со стороны основного слоя должен быть сделан скос до толщины тонкой детали *s* — как указано на рис. 8.2О.

Рис. 8.20

8.1.6. Конструктивные элементы подготовленных кромок сварных соединений стальных трубопроводов (ГОСТ 1603Z)

Швы предназначены для изготовления трубопроводов из сталей способом ручной дуговой сварки, обозначаемым *Р*; дуговой сварки в защитном газе: *ЗМ* — плавящимся электродом; *ЗН* — неплавящимся электродом; *Ф* — дуговой сварки под флюсом; *Г* — газовой сварки.

При изготовлении тройников и крестовин из труб должны применяться типы сварных соединений, установленные для отростков с трубами, а при сварке тройников, крестовин и переходов с трубами или фланцами — соответственно типы сварных соединений труб с трубами или труб с фланцами.

Сварка стыковых соединений деталей неодинаковой толщины при разнице, не превышающей значений,

указанных ниже в табл. 8.1О, должна производиться так же, как деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по большей толщине.

Таблица 8.10

Толщина тонкой детали, мм	Разность толщин деталей, мм
До 3	1
Св. 3 до 7	2
Св. 7 до 1О	3
Св. 1О	4

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	b		e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
Стыковые соединения										
С 2			*ЗМ; Р*	2,0	0,5	+0,5	4	+2	–	–
				3,0	1,0					
				4,0—5,0	1,5					
			Ф	4,0			8			
				6,0			10			
			ЗН	2,0—3,0	0	+0,3	–	–		
			Г	1,0—1,6	0,5	±0,3	3	+1	0,5	+0,5
				2,0—3,0	1,0	±0,5	4	+2	1,0	±0,5

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		
С 4			*Р; ЗН; ЗМ*	2—3
				2—4
С 5			*ЗМ; ЗН; Р*	2—3

С 8			*ЗМ; Р*	$s = s_1$	b		c		e		g	
					Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
				3	1	+0,5	0,5	+0,5	8	+2	1,5	+1,5 –1,0
				4					10			
				5					11			
				6					12			
				7					13	+3		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы и размеры: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	c: Номин.	c: Пред. откл.	e: Номин.	e: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.
C 8			*ЗМ; Р*	8	1	+0,5	1,0	+0,5	14	+3	2,0	+2,0 –1,5
				9	2				16	+4		
				10					18			
				12		+1,0			20	+5		
				14					22			
				16					25			
				18					27			
				20					29	+7		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы и размеры: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	e: Номин.	e: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.
C 10			*ЗМ; Р*	2	2	+2	9	+2	1,5	+1,5 –1,0
				3			10			
				4			11			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы и размеры: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	c: Номин.	c: Пред. откл.	g: Номин.	g: Пред. откл.
C 10			*ЗМ; Р*	5	2	+2	12	+3	1,5	+1,5 – 1,0
				6			13			
				7			14	+4		
				8	4	±1	16		2,0	+2,0 – 1,0
				9			18			
				10			19			
				12	5	+2 –1	21	+5		
				14			23	+6		
				16			26			
				18			28			
				20			31	+7		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*b*		*c*		*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 17			*ЗМ; ЗН; Р; Г*	3	1,0	+0,5	0,5	+0,5	7	+2	1,5	+1,5 –1,0
				4					8			
				5	1,5		1,0	±0,5	9			
				6					11			
				7					12	+3		
			ЗМ; ЗН; Р	8	2,0	+1,0			13			
				10					16	+4	2,0	+2,0 –1,5
				12					18			
				14					21			
				16		+1,5	1,5		23	+6		
				18					26			
				20					28			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*b*		*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 18			*ЗМ; ЗН; Р*	2	2	+1,0	7	+2	1,5	+1,5 –1,0
				3—4			8			
				5			10			
			ЗМ; ЗН; Р; Ф	6—8	3	+1,0 –0,5	13	+3		
				9—10			15			
				12			18			
				14	4	+1,0	22	+4		
				16			24		2,0	+2,0 –1,5
				18			26	+5		
				20			29			
				25—30	6	±1,0	39	+7		
				35—40			50			
С 19			*ЗМ; ЗН; Р*	2	2	+1,0	7	+2	1,5	+1,5 –1,0
				3			8			
				4			9			
				5			10			

Примечание. При способе сварки ЗН жажор $b = 0^{0,5}$.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*b*		*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 19			*3M; 3H; P*	6	3	+1,0 – 0,5	12	+3	1,5	+1,5 – 1,0
				7			13	+4		
				8			14			
				10			16	+5	2,0	+2,0 – 1,5
				12			18			
				14	5	±1,0	23	+6		
				16			25	+8		
				18			27			
				20			30			

				$s = s_1$	*e*		*g*	
					Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 46			*3M; 3H; P*	4	9	+2	1,5	+1,5 – 1,0
				5	10			
				6	11			
				7	12			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 46			*3M; 3H; P*	8	13	+2	1,5	+1,5 – 1,0
				9	14	+3		
				10	15		2,0	+2,0 – 1,5
				12	17			
				14	18			
				16	22	+5		
				18	24			
				20	27			

				$s = s_1$
C 47			*3H*	5—6

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 48			*ЗН*	6	16	+3	2,О	±О,5
				7	17			
				8				
				9	18		3,О	±1,О
				1О				
				12	2О	+4		
				14	23		4,О	
				16				
				18	27			
				2О				
				25	3О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*b*		*e*		*g*		δ (пред. откл. +О,2)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	
C 49			*ЗМ; ЗН; Р*	6	3	+1,О –О,5	12	+3	1,5	+1,5 –1,О	2,5 (при D_y до 15О включ.); 3,О (при D_y более 15О)
				7			13				
				8			14				
				9			15		2,О	+2,О –1,5	
				1О			16				
				12			18	+4			
				14	5	±1,О	23				
				16			25				
				18			27				
				2О			3О				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 5О			*ЗМ; ЗН; Р*	6	22	+3	2,5	+1,5
				7		+4		
				8	23			

* Допускается увеличение до 2 мм.

П р и м е ч а н и е. При способе сварки ЗН жажор $b = 2{,}5^{+1{,}0}$.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 5О			*ЗМ; ЗН; Р*	9	23	+5	3,5	+2,О
				1О	24			
				12	27			
				14	28	+6		
				16	29	+8		
				18	3О			
				2О	33			
С 51			*ЗМ; ЗН*	$s = s_1$	*e* (пред. откл. +2)			
				2	11			
				3	12			
				4	13			
				5	14			
				6				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*R*	*e* (пред. откл. +6)	*g*		α (пред. откл. ±1°)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					Номин.	Пред. откл.	
С 52			*Р; ЗМ; Ф; ЗН*	7	4	18	2	±2	22
				11		21			
				16	6	27			15
				2О		29			
				22		3О			
				3О		34			
				32		35	3	+2 –3	
				36		38			
				4О		36			
				45		38			12
				6О		48			

							g	
С 53			*Р; ЗМ; Ф*	$s = s_1$	*e* (пред. откл. +6)		Номин.	Пред. откл.
				16	26		2	±2
				2О	3О			
				22				
				3О	33			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	e (пред. откл. +6)	g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				Номин.	Пред. откл.
С 53			*Р; ЗМ; Ф*	32	33	3	+3 –2
				36	35		
				4О	36		
				45	37		
				6О	46		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	b		e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 54			*Р; ЗМ*	3	1,5	+1,5 – О,5	8	+2	1,5	+1,5 – 1,О
				4			9			
				5			1О			
				6			12	+3		
				7			13	+4		
				8			14			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	b		e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 54			*Р; ЗМ;*	1О	2,О	+1,О –О,5	16	+4	2,О	+2,О –1,О
				12			18	+5		
				14			2О			
				16	3,О		22			
				18			24	+6		
				2О			26			
				22			28			
				24			3О	+7		
				25			35			

				$s = s_1$	b		e		g	
					Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С 55			*ЗМ; Р*	3	2	+1,О	8	+2	1,5	+1,5 – 1,О
				4			9			
				5			1О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*b*		*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 55			*ЗМ; Р*	6	3	+1,О – О,5	12	+3	1,5	+1,5 – 1,О
				7			13	+5		
				8			14			
				1О			16	+6	2,О	+2,О – 1,5
				12	4		18		3,О	
				14			21			
				16			23	+7		
				18			25			
				2О			28			
				22	5		31		4,О	
				24			33			
				25			35			
C 56			*ЗМ; Р*	3	1,5	+1,О – О,5	5	+2	1,5	+1,5 – 1,О
				4			7			
				5			8			
				6			9			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	*b*		*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 56			*ЗМ; Р*	7	2,О	+2,О – О,5	1О 12	+3	1,5	+1,5 – 1,О
				8						
				1О 12			14 16	+4	2,О	+2,О – 1,5
				14 16			2О 22	+6		
				18			24	+8		
				2О			26		3,О	
				25—3О			35			
				35—4О			48			
Нахлесточные соединения										
H 1			*Г*	*s*	*K* (пред. откл. +2)					
				1,О 1,5	2					
			ЗМ; ЗН; Р; Г	2,О 2,5	3					
				3,О	4					
				3,5 4,О	5					
				5,О	7					

П р и м е ч а н и е. Допускается применение штуцеров и ниппелей с фаской.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы и размеры: сварного шва	Способ сварки	s	K	B, не более
Н 3			*ЗМ; Р*	2—2О	$s + 1$	3О (при $D_н$ до 32 включ.); 4О (при $D_н$ св. 32 до 1О8 включ.); 5О (при $D_н$ св. 1О8)
			Г	1,6—1,7		
Н 4			*ЗМ; Р*	s	K	l (пред. откл. ±5)
				2—2О	$1{,}3s^{+1}$	4О (при $D_н$ не менее 32); 5О (при $D_н$ св. 32 до 1О8 включ.); 6О (при $D_н$ более 1О8)
			Г	1,6—7,О		

Угловые соединения

				$D_н$	f	K, не менее	b, не более
У 15			*ЗМ; Р*	14—25 32—57 76—159 194	$K - 1$	3 4 5 6	О,О5

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы и размеры: сварного шва	Способ сварки	s	b, не более	K	K_1
У 5			*ЗМ; Р*	2—15	О,5 (при $D_н$ до 45 включ.); 1,О (при $D_н$ св. 45 до 194 включ.); 1,5 (при $D_н$ св. 194)	s^{+1}	s (при s до 3 включ.); 3 (при s св. 3)

				$D_н$	b, не более	f	K, не менее	K_1
У 7			*ЗМ; Р*	14—25	О,5	$K - 1$	3	s (при s до 3 включ.); 3 (при s св. 3)
				32—57			4	
				79—159	1,О		5	
				194			6	
				219	1,5		7	
				245			8	
				273—325			9	
				377—53О			1О	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$D_н$	b, не более	f	K, не менее	K_1
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва						
У 8			ЗМ	14—25	О,5	К – 1	3	–
				32—57			4	
				76—159	1,О		5	
				194			6	
				219	1,5		7	
				245			8	
				273—325			9	
				377—53О			1О	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	$s = s_1$	K		g		e	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 16			ЗМ; Р	2	3	+1	1,5	+1,О –О,5	4	+2
				3						
				4	4				6	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	s_1	b, не более	K
У 17			Г	1—7	1	1,3 толщины более тонкой детали
			ЗМ; ЗН; Р	2—2О	2	

П р и м е ч а н и е. Значение К определяется при проектировании.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	s_1	b, не более	K
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				
У 18			*Г*	1—7	1	1,3 толщины более тонкой детали
			ЗМ; ЗН; Р	2—25	2	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	s_1	*в*		*g* (пред. откл. +2)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	
У 19			*ЗМ; ЗН; Р*	4	8	+2	3
				5	1О		
				6	11		
				8	14	+3	
				1О	16	+4	
				12	19		5
				14	22	+5	
				16	24	+6	
				18	26		
				2О	28		
				22	3О		
				25	33		

Примечание. Соединение У 18 применяется при отношении наружного диаметра ответвления к наружному диаметру трубы более 0,5; соединение У 17 — при отношении до 0,5.

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	s_2	*b*		*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 2О			*ЗМ; Р; ЗН*	4—5	3	+1,О – О,5	11	+4	2,5	+1
				6	4	±1,О	14		4,О	+3
				8			16	+5	6,О	
				1О			19	+7	8,О	
				12	5		21		9,О	
				14			24	+8	1О,О	
				16			26		11,О	+4
				18			28		13,О	
				2О			3О		14,О	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	s_1	*b*		*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 21			*ЗМ; ЗН; Р*	4—5	3	+1,О – О,5	1О	+2	2,5	+1
				6	4	±1,О	11	+4	4,О	+3
				8			14		6,О	
				1О			16	+5	8,О	
				12	5		19	+7	9,О	
				14			21		1О,О	
				16			24	+8	11,О	+4
				18			26		13,О	
				2О			28		14,О	

П р и м е ч а н и я: 1. При способе сварки ЗН жажор $b = 2{,}0^{+0{,}5}$.
2. Длина протачиваемой части приварыша, входящей в трубу, устанавливается при проектировании соединения.
3. Величина s_2 приведена после расточки.

Для осуществления плавного перехода от одной детали к другой допускается наклонное расположение поверхности шва. При разнице в толщине свариваемых деталей свыше значений, указанных в табл. 8.1О, на детали, имеющей большую толщину, должен быть сделан скос до толщины тонкой детали. При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Остающиеся подкладки и муфты должны изготовляться из стали той же марки, из которой изготовлены трубы. Для труб из углеродистой стали допускается изготовлять остающиеся подкладки и муфты из сталей марок 1О и 2О по ГОСТ 1О5О—88.

Зазор между остающейся подкладкой и трубой для сварных соединений, контролируемых радиографическим методом, должен быть не более О,2 мм, а для соединений, не контролируемых радиографированием, — не более О,5 мм. Местные зазоры для указанных соединений допускаются до О,5 мм и 1,О мм соответственно.

Зазор между расплавляемой вставкой и торцовой или внутренней поверхностью трубы должен быть не более О,5 мм.

В сварных соединениях отростков с трубами допускается присоединение отростков под углом до 45° к оси трубы.

В соединениях У 18 и У 19 размеры *е* и *g* в сечении А—А должны устанавливаться при проектировании; при этом размер *е* должен перекрывать утонение стенки трубы, образуемое при вырезке отверстия, на величину до 3 мм, а размер *а* должен быть не менее минимальной толщины стенки свариваемой детали.

Швы с привалочной стороны фланцев допускается заменять развальцовкой конца трубы.

Предельные отклонения катета углового шва *К*, *К*1 от номинального в неоговоренных случаях должны соответствовать:

+2 мм — при $K \le 5$ мм;

+3 мм — при $5 < K \le 12$ мм;

+5 мм — при $K > 12$ мм.

Допускается усиление углового шва до 2 мм при сварке в нижнем положении и до 3 мм при сварке в других пространственных положениях. Ослабление углового шва до 3О % величины катета, но не более 3 мм.

Для сварных соединений труб с толщиной стенки более 4 мм допускается сварка корня шва способом, отличным от осевого способа сварки.

8.1.Z. Материалы и режимы сварки

Таблица 8.11

Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Марка свариваемой стали	Типы электродов по ГОСТ 9467 или наплавленного металла	Минимальная температура стенки сосуда
Ст3кп Ст3пс Ст3сп Ст3Гпс; 18Гпс 1О; 15; 2О 15К; 16К 18К; 2ОК; 2ОЛ	Э42[1)] Э46	Не ниже минус 15 °С.
	Э42А[1)] Э46А Э5ОА	Не ниже минус 3О °С. Не ниже минус 4О °С (для сосудов работающих без давления).
22К; 25Л	Э46А Э5ОА	Не ниже минус 2О °С.
16ГС; О9ХГ2НАБ4 О9Г2 О9Г2СА 1ОГ2 1ОГ2С1 17ГС 17Г1С 15Г2СФ О9Г2ФБ 2ОЮЧ	Э5ОА Э55 Э6О ВП-4	Не ниже минус 4О °С.
О9Г2С О9Г2СЮЧ О9Г2БТ 1ОГ2БТ; 1ОГ2 1ОГ2ФБ; 1ОГ2С1	Э5ОА	Не ниже минус 6О °С. От минус 61 до минус 7О °С после нормализации
1ОХСНД 15ХСНД	Э5ОА	Не ниже минус 4О °С.

1ОХ2ГНМ О9ХГ2НАБЧ[2)] 1ОХ2М1А 1ОХ2М1АА; 16ГМЮЧ	Э-О5Х2М Э-О9МХ Э-О9Х1М	Не ниже О °С.

Продолжение табл. 8.11

Марка свариваемой стали	Типы электродов по ГОСТ 9467 или наплавленного металла	Минимальная температура стенки сосуда
1ОХ2МФА[2)] 12Х2МФА 15Х2МФАА 15Х2НМФА[2)]	Н-3А Э-О9Х1МФ Э-1ОХ5МФ	Не ниже О °С.
О9Г2С; 1ОГ2 1ОГ2С1 О9Г2СЮЧ	1ОГН 1ОГНМ	Не ниже минус 7О °С.

[1)] По разрешению главного сварщика допускается замена электродов Э42, Э42А, Э46, Э46А электродами Э5ОА при условии положительных результатов контрольных испытаний сварных соединений.

[2)] Сварка с подогревом и последующей термообработкой непосредственно после сварки.

Примечания: 1) Без индекса «Э» условно указаны типы электродов, не предусмотренные ГОСТ 9467. Марки электродов типов без индекса «Э» принимаются по рекомендациям специализированной научно-исследовательской организации. Марка электрода типа Н-3А принимается по ТУ 5.965-11313.

2) Электроды типа Э42 и Э46 для сварки сосудов, предназначенных для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, применяются по согласованию со специализированной научно-исследовательской организацией.

3) Необходимость подогрева для предотвращения трещин при сварке малоуглеродистых, низколегированных марганцовистых и марганцевокремнистых сталей в зависимости от толщины свариваемых элементов, содержания углерода в стали и других факторов определяется технологией предприятия-изготовителя сосуда.

При сварке хромомолибденовых, хромомолибденованадиевых и хромомолибденованадиевовольфрамовых сталей требуются специальные меры (подогрев, термообработка и др.).

Таблица 8.12

Режимы ручной сварки углеродистых и низколегированных сталей

Типы электродов по ГОСТ 9467	Марка электродов	Диаметр электродов, мм	Сварочный ток, А	Род тока
Э42	АНО-17	4 5 6	16О—21О 19О—28О 27О—36О	Постоянный ток, любая полярность или переменный ток
Э42А	УОНИ-13/45	2 3 4 5 6	45—65 8О—1ОО 13О—16О 17О—2ОО 21О—24О	Постоянный ток, обратная полярность
	УП-1/45	2 3 4 5	45—65 1ОО—13О 14О—16О 16О—25О	Постоянный ток, обратная полярность или переменный ток
Э46	МР-3	4 5 6	16О—2ОО 18О—26О 26О—32О	Постоянный ток, обратная полярность или переменный ток
	ОЗС-4	3 4 5 6	9О—1ОО 16О—18О 2ОО—25О 25О—3ОО	Постоянный ток, любая полярность или переменный ток
Э5ОА	УОНИ-13/55	3 4 5 6	8О—1ОО 13О—16О 17О—2ОО 21О—24О	Постоянный ток, обратная полярность
	УП-1/55	3 4 5 6	9О—12О 14О—16О 16О—25О 28О—35О	Постоянный ток, обратная полярность или переменный ток
	ОЗС-29	3 4 5	8О—1ОО 12О—15О 15О—18О	Постоянный ток, обратная полярность
Э55	ОЗС/ВНИИСТ-27	3 4	9О—11О 13О—15О	Постоянный ток, обратная полярность
Э6О	ОЗС-24М	3 4	9О—11О 13О—15О	Постоянный ток, обратная полярность

Примечание. Режимы ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей электродами, не указанными в табл. 8.11 и 8.12, выбираются в соответствии с паспортными данными этих электродов.

Таблица 8.13

Рекомендуемые сварочные материалы для автоматической сварки под ôлюсом углеродистых и низколегированных сталей

Марка свариваемой стали	Сварочные материалы		Минимальная температура стенки сосуда
	Марка проволоки по ГОСТ 2246	Марка флюса по ГОСТ 9О87	
Ст3кп Ст3пс Ст3сп Ст3Гпс 1О, 2О 15К; 16К 18К; 2ОК; 22К	Св-О8 Св-О8А	АН-348А ОСЦ-45; ОСЦ-45М АН-43 АН-6О ФЦ-16	Не ниже минус 2О °С
	Св-О8ГА Св-1ОГА		Не ниже минус 3О °С; Не ниже минус 4О °С для сосудов работающих без давления
2ОЮЧ	Св-1ОНЮ	АН-22; АН-47	Не ниже минус 4О °С
О9Г2 О9Г2С 1ОГ2С1 1ОГ2 14Г2 17ГС 17Г1С 16ГС; 1ОХСНД	Св-О8ГА Св-1ОГА Св-1ОГ2 Св-О8ГС	АН-348А ОСЦ-45; ОСЦ-45М АН-22; АН-47 АН-6О ФЦ-16	Не ниже минус 3О °С при любой толщине; Не ниже минус 4О °С при толщине металла не более 24 мм
17ГС 17Г1С 16ГС 1ОГ2; 1ОХСНД	Св-О8ГА Св-О8ГС Св-О8Г2С Св-1ОНМА Св-1ОНЮ	АН-348А АН-22 АН-43 АН-47 АН-6О ФЦ-16	Не ниже минус 4О °С при любой толщине металла при условии выполнения многослойной сварки или в сочетании с проволоками Св-1ОНМА; Св-1ОНЮ
15Г2СФ	Св-1ОГА Св-О8ГС Св-1ОНМА Св-1ОГ2	ОСЦ-45, ОСЦ-45М АН-22 АН-348А АН-43, АН-6О ФЦ-16	Не ниже минус 4О °С
16ГМЮЧ	Св-О8ХМ Св-1ОХ2М Св-О4Х2МА	АН-348А АН-22 АН-17М	Не ниже О °С
1ОГ2 1ОГ2С1 О9Г2С	Св-О8ГА	АН-348А АН-47 АНК-47 АН-43 АН-6О ФЦ-16 (ФЦ-16А) ОСЦ-45, ОСЦ-45М	Не ниже минус 6О °С при любой толщине металла при условии выполнения многослойной сварки или в сочетании с проволоками Св-1ОНМА; Св-1ОНЮ
	Св-О8ГА Св-О8ГС		Не ниже минус 7О °С при любой толщине металла при условии нормализации сварных соединений
	Св-1ОНЮ Св-1ОНМА		Не ниже минус 6О °С

Продолжение табл. 8.13

Марка свариваемой стали	Сварочные материалы		Минимальная температура стенки сосуда
	Марка проволоки по ГОСТ 2246	Марка флюса по ГОСТ 9О87	
1ОГ2С1 О9Г2С	Св-О8ГСМТ	АН-43 АН-47	Не ниже минус 6О °С для сварки металла толщиной 16 - 3О мм с разделкой кромок С 25 по ГОСТ 8713
О9Г2С	Св-О8МХ Св-О8ГСМТ	АН-22 АН-43 АН-47	Не ниже минус 7О °С для сварки с ППМ из проволоки марки Св-О8Г2СНТЮР
	Св-О8Г2СНТЮР	АН-22 АН-47	Не ниже минус 7О °С для сварки без разделки кромок металла толщиной до 25 мм
О9Г2С1 1ОГ2 1ОГ2С1	Св-1ОНЮ	АН-22	Не ниже минус 7О °С без нормализации сварных соединений при условии сварки по технологии, согласованной со специализированной научно-исследовательской организацией
1ОХ2М1А-А	Св-О4Х2МА Св-1ОХ3ГМ1А-А	ФЦ-16А ФЦ-16	Не ниже О °С
15Х2МФА-А	Св-1ОХ3М1А Св-1ОХ2ГМФТА	ФП-33 ФП-33М	Не ниже О °С
1ОХ2ГНМ	Св-О4Х2МА Св-1ОХ3ГМ ТУ 14-1-4181	АН-47	Не ниже О °С
О9ХГ2НАБ	Св-О8ГСМТ	ФП-33	Не ниже минус 4О °С
О9Г2СЮЧ	Св-1ОГА Св-1ОНМА Св-О8ГСМТ Св-1ОНЮ	АН-348А АН-43 АН-22 АН47	Не ниже минус 7О °С

П р и м е ч а н и я : 1. Условия выполнения сварных соединений с различным сочетанием сварочных проволок определяется технологией, согласованной со специализированной научно-исследовательской организацией.

2. Необходимость подогрева для предотвращения трещин при сварке малоуглеродистых и низколегированных марганцовистых и марганцевокремнистых сталей в зависимости от толщины свариваемых элементов, содержания углерода и других факторов определяется технологией предприятия-изготовителя сосудов.

3. Марки проволоки Св-1ОНЮ и Св-1ОХ2М принимаются по ТУ 14-1-2219, Св-1ОХ2ГМФТА по ТУ 14-1-4355, Св-ЮХ3М1А и Св-ЮХ3ГМФТА - по ТУ 14-1-49-14. Марки флюсов ФП-33 и ФП-33М принимаются по ТУ 5.965-11238, ФЦ-16 и ФЦ-16А - по ОСТ 24.948.О2, АНЦ1 - по ТУ 1О8.1424.

4. При сварке хромомолибденовых сталей требуются специальные меры (подогрев, термическая обработка и др.).

5. Для металла толщиной не более 14 мм и для поверхностных швов внутри и снаружи при многослойной сварке проволокой Св-О8ГА.

6. Для полуспокойных сталей рекомендуется применять сварочную проволоку Св-О8ГА.

Таблица 8.14

Сварочные материалы для углеродистых и низколегированных сталей при автоматической сварке под ôлюсом с применением крошки

Марка свариваемой стали	Сварочные материалы		
	Марка сварочной проволоки по ГОСТ 2246	Марка крошки по ГОСТ 2246	Флюс по ГОСТ 9О87
Ст3кп	Св-О8А	Св-О8ГА Св-О8Г2С	АН-348А, ОСП-45 и им равноценные
	Св-О8ГА,	Св-О8А	
	Св-О8Г2С		
Малоуглеродистые стали, кроме кипящих	Св-О8А		
	Св-О8ГА	Св-О8А Св-О8ГА	
	Св-О8Г2С	Св-О8А Св-О8ГА	
16ГС	Св-О8ГА	Св-О8Г2С	
О8Г2С		Св-О8ГА СВ-1ОГ2	
	Св-О8МХ[x]	СВ-О8ГА	
	Св-1ОГ2	Св-О8ГА Св-1ОГ2	
1ОГ2С1	Св-О8ГА, Св-О8МХ[x] Св-1ОГ2	Св-О8ГА Св-1ОГА Св-О8ГА	

[x] Должна быть проверена необходимость подогрева при сварке и отпуске после сварки в зависимости от толщины металла.

Таблица 8.15

Ориентировочные режимы автоматической двусторонней однопроходной сварки под ôлюсом стыковых соединений без разделки кромок углеродистых и низколегированных сталей с применением крошки

Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Расход гранулированной металлической присадки, г/см	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч	Оптимальный зазор, мм
1О	5	2,О	8ОО—825	38—4О	5О	74,5	5
2О		5,О	85О—95О	4О—44	35	1О3	6
3О		8,О	85О—95О	42—45	19,5	1О3	7
4О		12,О	12ОО—13ОО	43—48	16,О	128	8
5О		16,О	13ОО—14ОО	44—48	12,О	14О	9
6О		18,О	14ОО—15ОО	45—5О	12,О	163	11
2О	4	5,О	8ОО—9ОО	42—45	35	154	6
3О		8,О	85О—95О	42—46	19	163	7
4О		12,О	85О—95О	43—48	14	163	8
5О		16,О	11ОО—12ОО	44—49	14	21О	9
6О		18,О	13ОО—14ОО	45—5О	12	24О	11

П р и м е ч а н и е . Для аппаратов, работающих при температуре ниже минус 2О °С, максимальное значение погонной энергии не должно превышать 24 кДж/см^2.

Таблица 8.16

Режимы полуавтоматической сварки под ôлюсом двусторонних стыковых швов углеродистых и низколегированных сталей

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Величина вылета проволоки, мм
4—6	2	200—250	32—34	18—30	79—101	25
8		250—300	34—36		126—156	
10		350—420	36—38		191—250	
12		450—540	38—42		306—378	
14—20		550—600	42—44		472	
22—30		630—670	44—46		600	

Таблица 8.17

Режимы полуавтоматической сварки в углекислом газе для низкоуглеродистой и низколегированной стали

Толщина свариваемого металла, мм	Условное обозначение шва по ГОСТ 14771	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Расход углекислого газа, л/ч	Количество слоев	Скорость сварки, м/ч
0,6—1,0	С1	0,5—0,8	50—60	17—20	500—600	1	20—25
0,6—1,0	С2	0,5—0,8	60—80	17—20	500—600	1	25—35
1,2—2,0	С2	0,8—1,0	70—110	18—20	500—600	1—2	18—24
3,0—5,0	С2	1,6—2,0	160—200	21—24	600—800	1—2	20—22
3,0—8,0	С7	1,6—2,0	200—300	22—28	800—1000	2	25—30
5,0—8,0	С4	1,6—2,0	220—300	22—30	800—1000	1—2	18—22
10,0—14,0	С9	2,0	320—350	30—32	800—1000	2	18—22
16,0—24,0	С9	2,0	350—380	30—32	800—1000	4—5	18—22
26,0—30,0	С9, С10	2,0	350—400	30—34	900—1100	5	18—22
8,0—12,0	С17, С21	2,0	380—400	30—32	800—1000	2—3	18—22
12,0 и более	С25	2,0—2,5	440—420	30—32	800—1000	4	16—20
30,0 и более	С23	2,0—2,5	440—500	30—32	900—1100	10 и более	16—20
32,0 и более	С26	3,0	500—750	34—36	900—1100	12 и более	16—20

Примечание. Для аппаратов, работающих при температуре ниже минус 20 °С, максимальное значение погонной энергии не должно превышать 24 кДж/см^2.

Таблица 8.18

Сварочные материалы и температура подогрева для ручной, автоматической и полуавтоматической сварки сталей марок 12МХ, 12ХМ и 15ХМ (толщиной до 80 мм)

Марка стали	Электроды (типы по ГОСТ 9467 и марки), проволока по ГОСТ 2246	Флюсы по ГОСТ 9087, защитный газ	Температура предварительного и сопутствующего подогрева, °С
12МХ	Э-09Х1М Э09МХ УОНИ-13/45, ОЗС-11 и др.	–	200 - 250
	Проволока Св-08МХ Св-04Х2МА Св-08ХМ	АН-348А; АН-22; АН-60; ОСЦ-45; ОСЦ-45М и им равноценные	150 - 200
	Проволока Св-10ХГ2СМА Проволока Св-08ХМ	Углекислый газ ГОСТ 8050 аргон ГОСТ 10157	
12ХМ 15ХМ 10Х2М1	Э-09Х1М: (ЦУ-2ХМ, ТМЛ-1, ТМЛ-IV) Э-09Х1МФ (ЦЛ-20-67, ТМЛ-3, ТМЛ-3У); Э-05Х2М	–	200 - 250
	Проволока Св-08ХМ Проволока Св-10Х2М Св-04Х2МА	АН-22; АН-348А; АН-43; АН-60; ОСЦ-45; ОСЦ-45М и им равноценные	
	Проволока Св-10ХГ2СМА Проволока Св-08ХМ	Углекислый газ ГОСТ 8050 аргон ГОСТ 10157	

Примечание. Допускается сварка без подогрева стыковых соединений толщиной до 9 мм и угловых соединений катетом до 8 мм включительно

Таблица 8.19

Сварочные материалы для алектрошлаковой сварки углеродистых и низколегированных сталей

Марка свариваемой стали	Марка проволоки по ГОСТ 2246	Марка флюса по ГОСТ 9О87 и др.	Условия применения сварных соединений
Ст3сп Ст3пс 2О, 15К 16К	Св-О8ГА	АН-8; АН-348А АН-22 АН-9У по ТУ ИЭС 2О1 ФЦ-21 по ОСТ 24.948.О2	После нормализации и высокого отпуска при температуре допускаемой для свариваемой стали
16К; 2ОК; 22К; 2ОЮЧ	Св-1ОГ2;Св-О8ГС; Св-1ОНЮ по ТУ 14-1-2219	АН-8 по ГОСТ 9О87 АН-9; АН-9У ТУ ИЭС 291 АН-348 АН-22 ФЦ-21 по ОСТ 24.948.О2	
16ГС; О9Г2С; О9Г2СЮЧ	Св-1ОГ2;Св-О8ГС; Св-О8Г2С; Св-О8ГСМТ; Св-1ОНЮ По ТУ 14-1-2219		
16ГМЮЧ	ТУ 14-1-2219 Св-1ОНМА; Св-О8ХМ; Св-О4Х2МА; Св-1ОХМ	АН-22 АН-8 ФЦ-11	
1ОХСНД; 15ХСНД	Св-О8ГСМТ	АН-8	
1ОХ2ГНМ	Св-1ОХ3ГМ Св-О4Х2МА	АН-8; АН-22 ФЦ-21 по ОСТ 24.948.О2	
О9ХГ2ГНМ	Св-1ОНЮ	АН-22; АН-8	
1ОХ2МФА 12Х2МФА 15Х2МФАА	Св-13Х2МФТ	48-ОФ-6 ОСТ 5.92О6	
12ХМ 12МХ	Св-1ОХ2М ТУ 14-1-2219 Св-О8ХМ Св-О8МХ Св-1ОХГ2СМА Св-О4Х2МА	АН-8, АН-22 ГОСТ 9О87 АН-9, АН9У ТУ ИЭС-2О1	При температуре не ниже О °С после нормализации и отпуска
15ХМ	Св-1ОХ2М ТУ 14-1-2219	АН-8, АН22 ГОСТ 9О87	
15Х5М	Св-1ОХ5М		
22Х3М 2ОХ2МА	Св-О8Х3Г2СМ	АН-9У по ТУ ИЭС-2О1	От минус 4О °С до 4ОО °С. После нормализации и высокого отпуска

П р и м е ч а н и я : 1. Применение проволоки марки Св-О8ХМ допускается только с содержанием хрома не менее 1 % и молибдена О,5 %.

2. При выполнении электрошлаковой сварки допускается применение пластинчатых электродов и других технологических приемов по документации, согласованной со специализированной научно-исследовательской организацией.

3. Для кольцевых швов сосудов с толщиной до 1ОО мм, предназначенных для работы при температуре стенки не ниже –2О °С для стали марки 2ОК, не ниже –4О °С для сталей 16ГС, 2ОЮЧ, не ниже –55 °С для стали марки О9Г2С, и толщиной до 6О мм, предназначенных для работы при температуре стенки не ниже –6О °С для стали О9Г2С, допускается производить только высокий отпуск без нормализации при условии комбинированного способа — автоматической сварки под флюсом и электрошлаковой сварки с регулированием термического цикла.

Таблица 8.20

Режимы сварки углеродистых и низколегированных сталей (для сварочной проволоки диаметром 3 мм)

Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Глубина шлаковой ванны, мм	Сухой вылет электрода, мм	Скорость поперечных колебаний, м/ч	Время выдержки у ползуна, сек	Скорость подачи проволоки, м/ч	Количество электродов
36—40 41—100 101—200	650—730 670—750 380—500	46—50 44—48 46—52	40—50 50—55 55	70—75	— 40 30—40	— 2—3 3—4	260—290 270—300 140—200	1 1(2) 2(3)
Примечание. В скобках — количество электродов, допускаемое для сварки указанных толщин металла.								

Таблица 8.21

Сварочные материалы для ЭШС с крошкой углеродистых и низколегированных сталей

Марка свариваемой стали	Марка сварочной проволоки по ГОСТ 2246	Марка крошки по ГОСТ 2246	Условия применения
Ст3сп Ст3пс 20К, 15К, 16К	Св-08ГА	Св-08Г2С Св-10ГС	После нормализации и высокого отпуска при температуре, допускаемой для свариваемой стали
09Г2С	Св-10НМА	Св-08Г2С Св-10НМА	
10Г2С1	Св-10Г2	Св-08Г2С	

Таблица 8.22

Режимы ЭШС с крошкой углеродистых и низколегированных сталей

Толщина металла, мм	Сварочный зазор, мм	Диаметр электрода, мм	Скорость подачи электрода, м/ч	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Расход крошки, г/мин
С нормальным расходом крошки						
30 40 50 60	26—28	5	99,5 126,0 142,0 159,0	1000—1100 1200—1250 1300—1350 1350—1450	40—42 42—46 44—48 46—50	140 175 200 210
С повышенным расходом крошки						
30 40 50 60	26—28	4	159,0	900—1000	42—46 42—45 44—48 46—50	300
30 40 50 60		5	99,5	1000—1100	40—42 40—42 42—44 43—45	290

Таблица 8.23

Электроды для сварки коррозионностойких сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов

Марка стали	Требования по стойкости против межкристаллитной коррозии					
	Нет			Есть		
	Тип электрода по ГОСТ 10052	Марка электрода	Температура стенки	Тип электрода по ГОСТ 10052 (марка ТУ)	Марка электрода	Температура стенки
12Х18Н9Т 12Х18Н10Т 08Х18Н10Т 12Х18Н9ТЛ 08Х18Н12Б 12Х18Н12Т	Э-04Х20Н9	АНВ-32 ОЗЛ-36	До 450 °С	Э-08Х20Н9Г2Б	ЦЛ-11 ЗИФ-9	До 450 °С, при этом от 350 °С до 450 °С после стабилизирующего отжига
	Э-07Х20Н9	ОЗЛ-8 АНВ-29	До 610 °С	Э-08Х19Н10Г2Б	ЦТ-15	До 610 °С, свыше 350 °С после стабилизирующего отжига
08Х18Н10	Э-04Х20Н9 Э-07Х20Н9	АНВ-32 ОЗЛ-36 ОЗЛ-8 ОЗЛ-12	До 610 °С	Э-04Х20Н9	АНВ-32 ОЗЛ-36	До 350 °С с предварительным подтверждением стойкости против межкристаллитной коррозии
03Х18Н11 02Х18Н11	Э-02Х21Н10Г2	АНВ-34 ОЗЛ-22	До 450 °С	Э-02Х21Н10Г2	АНВ-34 ОЗЛ-22	До 350 °С
	Э-02Х19Н9Б	АНВ-13		Э-02Х19Н9Б	АНВ-13	До 450 °С
03Х19АГ3Н10	Э-02Х19Н9Б	АНВ-13	До 450 °С	Э-02Х19Н9Б	АНВ-13	До 350 °С
10Х14Н4Н4Т	Э-03Х15Н9АГ4	АНВ-24	До 500 °С	Э-08Х20Н9Г2Б	ЦЛ-11	До 350 °С
	Э-10Х20Н9Г6С	ЗИФ-1				
	Э-04Х20Н9	АНВ-32 ОЗЛ-36				
10Х17Н13М2Т 10ХI7Н13М3Т 12Х18Н12М3ТЛ 08Х17Н13М2Т	Э-07Х19Н11М3Г2Ф	ЭА-400/10У	До 450 °С	Э-07Х19Н11М3Г2Ф	ЭА-400/10У	До 350°С
	Э-02Х20Н14Г2М2	ОЗЛ-20	До 450 °С свыше 450 °С до 700 °С при условии содержания ферритной фазы не более 6 %			
	Э-02Х19Н18Г5АМ3	АНВ-17		Э-09Х19Н10Г2М2Б	НЖ-13 АНВ-36	
	Э-09Х19Н11Г3М2Ф	КТИ-5				
08Х17Н15М3Т	–	–	–	Э-02Х19Н18Г5АМ3	АНВ-17	До 350 °С
03Х17Н14М3	–	–	–	04Х23Н27М3Д3Г2Б ТУ 14-4-715	ОЗЛ-17У	До 350 °С
				03Х24Н25М3АГ3Д ТУ ИЭС 375	АНВ-37	

Продолжение табл. 8.23

Марка стали	Требования по стойкости против межкристаллитной коррозии					
	Нет			Есть		
	Тип электрода по ГОСТ 10052	Марка электрода	Температура стенки	Тип электрода по ГОСТ 10052 (марка ТУ)	Марка электрода	Температура стенки
03Х21Н21М4ГБ	–	–	–	03Х24Н25М3АГ3 ТУ ИЭС 376 04Х23Н27М3Д3Г2Б ТУ 14-4-715	АНВ-38 03Л-17У	До 350 °С
20Х23Н18	Э-10Х25Н13Г2	ЗИО-8 03Л-6 ЦЛ-25	До 1000 °С	–	–	–
08Х22Н6Т 08Х18Г8Н2Т	Э-04Х20Н9	03Л-36 АНВ-32	До 300 °С	Э-08Х20Н9Г2Б	ЦЛ-11 Л38М ЗИФ-9	До 300°С
				Э-08Х19Н10Г2Б	ЦТ-15	
	Э-07Х20Н9	03Л-8 03Л-14		08Х22Н7Г2Б ТУ 1273-088-00187197	03Л-40	
08Х21116М2Т	Э-02Х20Н14Г2М2	03Л-20	До 300 °С	Э-09Х19Н10Г2М2Б	НХ-13 АНВ-36	До 300 °С
	Э-07Х20Н9	03Л-8 03Л-14		Э-07Х19Н11М3Г2Ф	ЭА-400/10У ЭА-400/10Т	
				10Х20Н7М2Г2Б ТУ 1273-088-00187197	03Л-41	
15Х181Н12С4ТЮ	–	–	–	Э-10Х17Н13С4	03Л-3	До 200 °С
02Х8Н22С6	–	–	–	03Х17Н14С5 ТУ 14-4-579	03Л-24	До 120 °С

Примечания: 1. Без индекса «Э» указаны типы электродов, не предусмотренные ГОСТ 10052.

2. По разрешению главного сварщика предприятия допускается применять электроды, предназначенные для сварки соединений, обладающих стойкостью против межкристаллитной коррозии, для сварки соединений, к которым не предъявляются требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.

Таблица 8.24

Режим сварки

Диаметр электродов, мм	Сварочный ток, А, при положении шва		
	нижнем	вертикальном	потолочном
3	70—100	70—80	70—80
4	120—150	100—120	100—100
5	150—180	130—150	—

Таблица 8.25

Марки сварочной проволоки и ôлюсов для автоматической и полуавтоматической сварки коррозионностойких сталей

Марка стали	Наличие требований по стойкости против межкристаллитной коррозии					
	Нет			Есть		
	Марка проволоки, обозначение стандарта или технических условий	Марка флюса, обозначение стандарта или технических условий	Условия применения	Марка проволоки, обозначение стандарта или технических условий	Марка флюса, обозначение стандарта или технических условий	Условия применения
12Х18Н9Т 12Х18Н10Т 08Х18Н10Т	Св-06Х19Н9Т Св-04Х19Н9 Св-01Х19Н9 ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087	До 610 °С	Св-07Х18Н9ТЮ; Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087	До 610 °С, при этом от 350 °С до 610 °С после стабилизирующего отжига
				Св-08Х20Н9С2БТЮ ТУ 14-1-4981		До 350 °С
08Х18Н12Б	Св-07Х18Н9ТЮ Св-05Х20Н9ФБС	АН-26С ГОСТ 9087	До 610 °С	Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087	До 350 °С Свыше 350 °С до 610 °С после стабилизирующего отжига
03Х18Н11 02Х18Н11	–	–	–	Св-01Х18Н10 ТУ 14-1-2795 Св-01Х19Н9 ГОСТ 2246	АН-18 ГОСТ 9087	До 450 °С
10Х14Г14Н4Т	Св-05Х15Н9Г6АМ ТУ 14-1-1595	АН-26С ГОСТ 9087	До 500 °С	–	–	–
10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т 08Х17Н13М2Т	Св-06Х19Н10М3Т Св-04Х19Н11М3 ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087; 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206	–	Св-06Х20Н11М3ТБ Св-08Х19Н10М3Б ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087; 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206	До 350 °С
08Х17Н15М3Т	Св-06Х10Н10М3Т Св-04Х19Н11М3 ГОСТ 2246 Св-01Х19Н18Г10АМ4 ТУ 14-1-4981	АН-26С ГОСТ 9087; 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206	–	Св-06Х20Н11М3ТБ Св-08Х19Н10М3Б ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087; 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206	
03Х17Н14М3	–	–	–	Св-01Х17Н14М2 ТУ 14-1-2795 Св-01Х19Н-18Г10АМ4 ТУ 14-1-4981	АН-18 ГОСТ 9087	До 350 °С
03Х21Н21М4ГБ	–	–	–	Св-01Х23Н28М3Д3Т ГОСТ 2246		

Продолжение таб. 8.25

Марка стали	Наличие требований по стойкости против межкристаллитной коррозии					
	Нет			Есть		
	Марка проволоки, обозначение стандарта или технических условий	Марка флюса, обозначение стандарта или технических условий	Условия применения	Марка проволоки, обозначение стандарта или технических условий	Марка флюса, обозначение стандарта или технических условий	Условия применения
08Х22Н6Т 08Х18Г8Н2Т	Св-04Х19Н9 Св-06Х19Н9Т ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087	До 300 °С	Св-06Х21Н7БТ (ЭП-500) ТУ 14-1-4981; Св-07Х18Н9ТЮ; Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246 Св-08Х20Н9С2БТЮ ТУ 14-1-4981	АН-26С ГОСТ 9087; 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206	До 300 °С
08Х21Н6М2Т	Св-04Х19Н11М3 Св-06Х19Н10М3Т ГОСТ 2246	АН-26С ГОСТ 9087 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206		Св-08Х19Н10М3Б; Св-06Х20Н11М3ТБ ГОСТ 2246; Св-03Х24Н6АМ3 ТУ 14-1-4372		

Примечания: 1. Применение сварных соединений из сталей марок 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н13М2Т при температуре выше +600 °С должно быть согласовано со специализированной научно-исследовательской организацией.

2. Для сварки металла толщиной более 30 мм с требованиями стойкости против межкристаллитной коррозии срединные слои выполнять проволокой, предназначенной для сварки без требований стойкости против межкристаллитной коррозии, из-за возможности получения горячих трещин в процессе сварки высоколегированными проволоками.

Таблица 8.26

Режимы автоматической сварки под ôлюсом высоколегированных коррозионностойких сталей

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Величина вылета сварочной проволоки, мм
5—8	4	520—550	32—34	35	49,5	40—50
10	4—5	560—600	34—36	35	55,5	40—50
12	4—5	625—650	34—38	31	60,0	40—50
14	4—5	650—675	36—38	31	64,0	40—50
16	4—5	700—725	36—38	25	70,0	40—50
18	5	725—750	38—40	25	75,0	40—50
20	5	725—750	38—40	25	75,0	40—50
22—50	5	750—775	38—42	25	81,0	40—50

Таблица 8.27

Режимы полуавтоматической сварки высоколегированных коррозионностойких сталей

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Величина вылета проволоки, мм не более
4—6	2	170—220	30—32	18—30	79—101	25
8		230—300	32—34		126—152	
10		300—360	34—36		191—250	
12		370—420	36—38		306—378	
14—20		430—460	38—40		472	
22—30		470—500	40—42		600	

Таблица 8.28

Сварочные материалы для сварки в среде защитных газов коррозионностойких сталей

Марка стали	Марка проволоки, обозначение стандарта или технические условия	Защитный газ и обозначение стандарта	Условия применения, температура эксплуатации сварных соединений	
			Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии	При наличии требований стойкости против межкристаллитной коррозии
08Х18Н10	Св-04Х19Н9 Св-01Х19Н9 ГОСТ 2246	Аргон ГОСТ 10157 или смесь аргона с углекислым газом ГОСТ 8050	До 610 °С	Не допускается
12Х18Н9Т 12Х18Н10Т 08Х18Н10Т	Св-01Х19Н9 Св-04Х19Н9 ГОСТ 2246	Аргон ГОСТ 10157 или смесь аргона с углекислым газом ГОСТ 8050	До 610 °С	Не допускается
	Св-06Х19Н9Т Св-07Х19Н10Б Св-07Х18Н9ТЮ Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246		До 610 °С	До 350 °С Свыше 350 °С до 610 °С после стабилизирующего отжига
	Св-08Х20Н9С2БТЮ ТУ 14-1-4981	Углекислый газ ГОСТ 8050	–	До 350 °С
08Х18Н12Б	Св-06Х19Н9Т Св-07Х19Н10Б Св-07Х18Н9ТЮ Св-05Х20Н9ФБС ГОСТ 2246	Аргон ГОСТ 10157	До 610 °С	До 350 °С
03Х18Н11; 02Х18Н11	Св-01Х18Н10 ТУ 14-1-2795		До 450 °С	До 450 °С
03Х19АГ3Н10	Св-01Х18Н10 ТУ 14-1-2795	Аргон ГОСТ 10157	До 450 °С	До 350 °С без требования равнопрочности сварных соединений основному металлу
10Х14Г14Н4Т	Св-05Х15Н9Г6АМ ТУ 14-1-1595	Аргон ГОСТ 10157	До 500 °С	До 350 °С
03Х21Н21М4ГБ	Св-01Х23Н28М3Д3Т ГОСТ 2246	Аргон ГОСТ 10157	–	До 350 °С
08Х17Н15М3Т	Св-01Х17Н14М2 ТУ 14-1-2795			
03Х17Н14М3	Св-01Х19Н18Г10АМ4 ТУ 14-1-4981			
08Х21Н6М2Т 10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т 08Х17Н13М2Т	Св-06Х19Н10М3Т Св-06Х20Н11М3ТБ Св-08Х19Н10М3Б ГОСТ 2246 Св-01Х19Н18Г10АМ4 ТУ 14-1-4981	Аргон ГОСТ 10157 или смесь аргона с углекислым газом ГОСТ 8050	До 700 °С	До 350 °С
15Х18Н12С4ТЮ	Св-15Х18Н12С4ТЮ ТУ 14-1-2795	Аргон ГОСТ 10157	–	До 200 °С
02Х8Н22С6	Св-02Х8Н22С6 ТУ 14-1-3233 Св-01Х12Н10С6Ц ТУ 14-1-3952			
015Х14Н19С6Б	Св-01Х12Н10С6Ц (ЭК-76) ТУ 14-1-3952	Аргон ГОСТ 10157	–	До 200 °С

Продолжение таб1. 8.28

Марка стали	Марка проволоки, обозначение стандарта или технические условия	Защитный газ и обозначение стандарта	Условия применения, температура эксплуатации сварных соединений	
			Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии	При наличии требований стойкости против межкристаллитной коррозии
О2Х25Н22АМ2	Св-О1Х23Н23М3Т	Аргон ГОСТ 1О157	–	До 35О °С
О8Х22Н6Т О8Х18Г8Н2Т	Св-О6Х21Н7БТ ТУ 14-1-4981 Св-О7Х19Н1ОБ Св-О7Х18Н9ТЮ ГОСТ 2246	Аргон ГОСТ 1О157	До 3ОО °С	До 3ОО °С
	Св-О4Х19Н9 Св-О6Х19Н9Т ГОСТ 2246			
	Св-О8Х2ОН9С2БТЮ ТУ 14.1-4981	Углекислый газ ГОСТ 8О5О		
О8Х21Н6М2Т	Св-О4Х19Н11М3 Св-О6Х19Н1ОМ3Т Св-О6Х19Н1ОМ3Б Св-О8Х19Н1ОМ3Б Св-О6Х2ОНПМ3ТБ	Аргон ГОСТ 1О157; Гелий по ТУ 51-94О (высокой чистоты)	До 3ОО °С	До 3ОО °С
1ОХ23Н18 2ОХ23Н18	Св-О7Х25Н13 ГОСТ 2246 Св-О8Х25Н2ОС2Р1 ТУ 14-1-4981	Аргон ГОСТ 1О157; Гелий по ТУ 51-94О	До 1ООО °С	–

Таблица 8.29

Режимы сварки в среде аргона высоколегированных коррозионностойких сталей

Способ сварки	Толщина свариваемого металла, мм	Число проходов	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона в горелку, л/мин
Ручная дуговая неплавящимся электродом	2—6 6—12 12—2О	1—2 2—6 6—16	1,6—2,О 2,О—3,О 3,О—4,О	5О—8О 8О—12О 12О—2ОО	1О—11 1О—11 1О—12	—	6—8 8—1О 1О—12
Полуавтоматическая дуговая плавящимся электродом	2,5 3,О 4,О 6,О 8,О 1О,О	1 1 1 1—2 2 2	1,О 1—1,6 1—1,6 1,6—2,О 1,6—2,О 2,О	14О—18О 15О—26О 16О—3ОО 22О—32О 32О—36О 29О—38О	2О—25	—	6—8 6—8 7—9 9—12 11—15 12—17
Автоматическая дуговая плавящимся электродом	2,5 3,О 4,О 6,О 8,О 1О,О	1 1 1 1—2 2 2	1,6—2,О 1,6—2,О 2,О—2,5 2,О—2,5 2,О—3,О 2,О—3,О	16О—24О 2ОО—28О 22О—32О 28О—36О 3ОО—38О 32О—44О	2О—3О	2О—4О 2О—4О 2О—4О 15—3О 15—3О 15—3О	6—8 6—8 7—9 9—12 11—15 12—17
Примечание. Режимы приведены для стыковых соединений со стандартной подготовкой кромок.							

Таблица 8.30

Режимы автоматической сварки под ôлюсом аустенитных сталей с применением гранулированной присадки (крошки)

Условное обозначение шва	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер слоя в шве	Относительное количество крошки Gkp/Gпр	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч
Ск1	12 14 16	4	1; 2	0,1; 0 0,15; 0 0,2; 0 0,2; 0 0,25; 0 0,25; 0 0,3; 0 0,35; 0	510; 550 530; 590 590; 650 700; 750 750; 800 800; 850 850; 900 900; 950 950; 1000 1050; 1100 1150; 1200	34—36 34—36 36—38 37—39 38—40 39—41 40—42 41—43 42—44 44—46 46—48	24; 26 24; 26 22; 24 32; 34 30; 32 28; 30 24; 26 24; 26 22; 24 22; 24 20; 22
	18 20 25 30 36 40 45 50	5	1; 2				
				0,4; 0			
Ск2	8	3	1	0,1 0,15	480 630	30—34 32—34	22 22
	10 12	4	1	0,2	650	32—34	20
Ск3	12 14 16	4	2; 3	0,8; 0 1,0; 0 1,2; 0 0,8; 0 1,0; 0 1,1; 0 1,2; 0	530; 580 570; 630 600; 680 700; 750 750; 800 780; 830 800; 850	34—36 36—38 36—38 38—40 38—40 38—40 38—40	28; 30 25; 27 24; 26 28; 30 28; 30 26; 28 26; 28
	18 20 22 24	5	2; 3				
Ск4	16 18 20 22 24 26 28 30	4	2; 3	0,8; 1,0 0,6; 0,8 0,4; 0,6 0,8; 1,0 0,6; 0,8 1,0; 1,2 0,4; 0,6 0,6; 0,8 0,6; 0,8 0,8; 1,0 0,6; 0,8 0,8; 1,0	500; 550 550; 600 550; 600 600; 650 650; 700 700; 750 650; 700 700; 750 900; 950 900; 950 1000; 1050 1050; 1000	36—38 38—40 40—42 42—44 40—42 — 42—44 — 44—46 46—48	28; 30 28; 30 24; 26 24; 26 22; 24 22; 24 18; 20 18; 20 24; 26 22; 24 22; 24 20; 22
	35 40 45 50	5	2; 3				

Примечание. *G*кр – количество засыпаемой крошки.; *G*пр – количество расплавляемой крошки.

Таблица 8.31

Сварочные материалы при алектрошлаковой сварке коррозионностойких сталей

Марка свариваемой стали	Марка сварочной проволоки по ГОСТ 2246	Марка флюса	Условия применения
О8Х18Н1ОТ 12Х18Н9Т 12Х18Н1ОТ	Св-О4Х19Н9 Св-О1Х19Н9	АН-26с по ГОСТ 9О87 48-ОФ-6 по ОСТ 5-92О6 или им равноценные. ФЦ-21 по ОСТ 24.948.О2	До 61О °С при отсутствии требований по стойкости металла шва против межкристаллитной коррозии
	Св-О7Х19Н1ОБ Св-О5Х2СН9ФБС Св-О6Х19Н9Т Св-О8Х19Н9Ф2С2	АН-45 по ГОСТ 9О87 АН-9 (АН-9У) ТУ ИЭС 2О1 ФЦ-18 по ОСТ 1О8.948.О2 ФЦ-21 по ОСТ 24.948.О2	До 35О °С при наличии требований против межкристаллитной коррозии. До 7О °С при отсутствии требований стойкости против межкристаллитной коррозии
О8Х17Н13М2Т 1ОХ17Н13М2Т 1ОХ17Н13М3Т	Св-О1Х19Н18Г1ОАМ4 (ЭП-69О) по ТУ 14-1-4981 Св-О3Х19Н15Г6М2АВ2 ТУ 14-1-1595 Св-О6Х2ОН11М3ТБ		
П р и м е ч а н и е : Стойкость сварных соединений против межкристаллитной коррозии обеспечивается в состоянии после сварки.			

Таблица 8.32

Режимы ЭШС высоколегированных сталей

Толщина свариваемого металла, мм	Сварочный ток, А, на 1 электрод	Напряжение, В	Глубина шлаковой ванны, мм	Сухой вылет электрода, мм	Скорость поперечных колебаний, м/ч	Время выдержки у ползуна, сек	Скорость подачи проволоки, м/ч	Количество электродов
36—4О	48О—52О	42—44	4О—5О	5О—6О	—	—	24О—28О	1
41—1ОО	5ОО—58О	42—44	5О—55	6О	4О	2—3	22О—24О	1(2)
1О2—2ОО	35О—42О	44—46	55	6О—65	3О—4О	3—4	2ОО—22О	2(3)
П р и м е ч а н и е. В скобках указано допускаемое количество электродов. Рекомендуемый диаметр электрода — 3 мм.								

Таблица 8.33

Материалы, применяемые для сварки хромистых сталей ферритного и мартенсито-ферритного классов

Марка свариваемой стали	Свойства сварных соединений	Материалы для сварки			
		ручной дуговой	аргонодуговой	автоматической	под флюсом
		Тип электрода по ГОСТ 1ОО52 и марка электрода	Проволока сварочная по ГОСТ 2246	Проволока сварочная по ГОСТ 2246	Флюс
О8Х13	Равнопрочность (в том числе длительная прочность при температурах до 35О °С), без требования стойкости против межкристаллитной коррозии (в состоянии после сварки); пониженная пластичность и вязкость металла шва и сварных соединений	Э-12Х13 (ЛМЗ-1, УОНИ-13/НХ 12Х13 АНВ-1 и др.)	Св-12Х13 Св-О8Х14ГНТ	Св-12Х13 Св-О8Х14ГНТ	АН-18 ГОСТ 9О87 АН-26с ГОСТ 9О87 48-ОФ-6 ОСТ 5.92О6

Продолжение табл. 8.33

Марка свариваемой стали	Свойства сварных соединений	Материалы для сварки			
		ручной дуговой	аргонодуговой	автоматической	под флюсом
		Тип электрода по ГОСТ 1О052 и марка электрода	Проволока сварочная по ГОСТ 2246	Проволока сварочная по ГОСТ 2246	Флюс
О8Х13 О8Х17Т 14Х17Н2 15Х25Т	Пластичность металла шва; без требования стойкости против межкристаллитной коррозии	Э-1ОХ25Н13Г2 (ОЗЛ-6, ЦЛ-25, и др.)	Св-О7Х25Н13 Св-О6Х25Н12ТЮ Св-О8Х25Н13БТЮ	Св-О7Х25Н13 Св-О6Х25Н12ТЮ Св-О8Х25Н13Б-ТЮ	АН-26с 48-ОФ-6 ОСТ 5.92О6 АН-18 ГОСТ 9О87
О8Х17Т	Стойкость против межкристаллитной коррозии в состоянии после сварки; низкая пластичность и вязкость шва и сварных соединений: жаростойкость до 8ОО °С	Э-1ОХ17Т (УОНИ/1ОХ17Т)	Св-1ОХ17Т	Св-1ОХ17Т	48-ОФ-6 ОСТ 5.92О6
О8Х17Т 15Х25Т	Стойкость против общей и межкристаллитной коррозии, пластичность металла шва, низкая пластичность и вязкость околошовной зоны	Э-1ОХ25Н13Г2Б (ЦЛ-У, ЗПО-7, ЗА-48М/22 и др.) 1ОХ2ОН15ФБ (АНВ-9) 1ОХ2ОН15Б (АНВ-1О) Э-О8Х2ОН9Г2Б (ЦЛ-11) Э-1ОХ26Н13Г2Б (ЦЛ-9, АНВ-35)	Св-О6Х25Н12ТЮ Св-О8Х25Н13БТЮ	Св-О6Х25Н12ТЮ Св-О8Х25Н13Б-ТЮ	АН-26с ГОСТ 9О87 48-ОФ-6 ОСТ 5.92О6
14Х17Н2	Равнопрочность (в том числе длительная прочность), без требования стойкости против межкристаллитной коррозии жаростойкость до температуры 8ОО °С при отсутствии требований пластичности, без термической обработки	1ОХ18Н2 (АНВ-2)	Св-О8Х14ГНТ	Св-О8Х14ГНТ	АН-26с ГОСТ 9О87 48-ОФ-6 ОСТ 5.92О6
Примечание: Без индекса «Э» указаны нестандартные типы электродов.					

8.1.8. Сварка двухслойных сталей

Таблица 8.34

Сочетания марок сталей основного и плакирующего слоев

Марки плакирующего слоя	Марки основного слоя					
	Ст3сп	2ОК	16ГС	О9Г2С	12МХ	12ХМ
О8Х22Н6Т	+	+	–	–	–	–
О8Х18Н1ОТ	+	+	+	+	+	+
12Х18Н1ОТ	+	+	+	+	+	+
1ОХ17Н13М2Т	+	+	+	+	–	–
1ОХ17Н13М3Т	+	+	+	+	–	–
О8Х17Н15М3Т	+	+	+	–	–	–
О6ХН28МДТ	+	+	+	–	–	–
О8Х13	+	+	+	+	+	+
О8Х17Т	+	+	–	–	–	–
15Х25Т	+	+	–	–	–	–

П р и м е ч а н и е . Знак «+» — двухслойные листы поставляются без согласования потребителя с изготовителем. Знак «–» — двухслойные листы поставляются по согласованию потребителя с изготовителем.

Таблица 8.35

Группы способов исполнения сварных швов, предусмотренных ГОСТ 16098

Вид сварного соединения	Группа исполнения		
	I	II	III
	типы сварных швов по ГОСТ 16О98—8О		
Стыковое	С2; С3; С4; С5; С6*; С7; С8; С13; С14; С15; С16; С17; С18; С19; С2О; С21; С22	С9; С1О; С11; С12	С1; С6*
Угловое	У2; У3*; У4; У5; У6; У7; У8*; У9; У1О; У11	У1*	У1*; У2*; У8*
Тавровое	Т1*; Т3*; Т4; Т5	Т2	Т1*; Т3*
Знаком * обозначены типы швов, исполнение которых возможно по двум группам.			

Таблица 8.35-1

Группа способов исполнения сварных швов двухслойных сталей

Группа исполнения	Характеристика слоев сварного шва						
	Расположение и последовательность выполнения слоев	Сторона, с которой выполняются слои	Номер слоя	Название (назначение) слоя	Структурный класс металла	Рекомендуемое количество слоев	Особые условия выполнения
I.			1	Подварочный или основной	Перлитный	Не нормируется	Не допускается проплавление плакирующего слоя двухслойной стали
			2	Основной или подварочный	Перлитный	Не нормируется	Не допускается проплавление плакирующего слоя двухслойной стали
			3	Переходный	Аустенитный		С ограниченным проплавлением S_1 ³ о ³2/3S_1
I.			4	Плакирующий	Аустенитный	Не менее 2	С ограниченным проплавлением b ³ S_1
II.			1	Плакирующий	Аустенитный	Не менее 2	1-й слой без проплавления основного слоя двухслойной стали; последующие слои - с ограниченным проплавлением
II.			2	Основной	Аустенитный	Не нормируется	С ограниченным проплавлением

Продолжение таб1. 8.35-1

Группа исполнения	Характеристика слоев сварного шва						
	Расположение и последовательность выполнения слоев	Сторона, с которой выполняются слои	Номер слоя	Название (назначение) слоя	Структурный класс металла	Рекомендуемое количество слоев	Особые условия выполнения
III.			1	Подварочный	Аустенитный	1	С проплавлением, регламентируемым в зависимости от химсостава сварочных материалов
			2	Основной	Аустенитный	Не нормируется	
			3	Плакирующий			

Примечания: 1. В скобках взяты номера слоев, которых в отдельных способах может не быть.
2. Требование к размеру «а» действительно только для стыковых соединений.
3. Под слоем шва понимается один или несколько параллельно наплавленных валиков, полностью закрывающих разделку кромок; толщина слоя соответствует толщине валика.

Таблица 8.36

Электроды для двухслойных сталей

Группа способов сварки	Слой шва		Марка плакирующего слоя двухслойной стали	Электроды		
	Номер	Название		Тип электрода по ГОСТ 10052	Марка электрода, технические условия	Условия применения
I	1; 2	Основной	Любая	По рекомендации для стали основного слоя		
	3	Переходный	О8Х18Н10Т 12Х18Н10Т О8Х22Н6Т О8Х13	Э-10Х25Н13Г2	ОЗЛ-6 и др.	С ограниченным проплавлением основного слоя
				О8Х24Н25М3Г2	АНХР-3У ТУ 14-168-23	С наплавкой толщиной не менее двух плакирующих слоев
				О8Х24Н4ОМ7Г2	АНХР-2 ТУ 14-4-598	
I	3	Переходный	10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т О8Х17Н15М3Т	11Х15Н25М6АГ2 О8Х24Н25М3Г2 Э-10Х25Н13Г2 Э-О2Х19Н18Г5АМ3	ЭА395/9 ОСТ 5.9244 ОЗЛ-6 АНХР-3У ТУ 14-168-23	
I	3	Переходный	О6ХН28МДТ	О8Х24Н4ОМ7Г2 О3Х23Н27М3Д3Г2	АНХР-2 ТУ 14-4-598 ОЗЛ-17уП	
				О4Х23Н27М3Д3Г2Ф	АНВ-28	
I	4	Плакирующий	О8Х18Н10Т 12Х18Н10Т	Э-О4Х20Н9 Э-О7Х20Н9 Э-10Х25Н13Г2	ОЗЛ-36 ОЗЛ-8, АНВ-29 ОЗЛ-6	Без требования стойкости против межкристаллитной коррозии
				Э-О8Х20Н9Г2Б Э-О8Х19Н10Г2Б Э-10Х25Н13Г2Б	ЦЛ-11 ОЗЛ-7 ЦТ-15, АНВ-23 ЦЛ-9	Для температуры более 350 °С без требования стойкости против межкристаллитной коррозии

Продолжение табл. 8.36

Группа способов сварки	Слой шва		Марка плакирующего слоя двухслойной стали	Электроды		
	Номер	Название		Тип электрода по ГОСТ 10052	Марка электрода, технические условия	Условия применения
I	4	Плакирующий	08Х13	Э-10Х25Н13Г2	ОЗЛ-6	Без требования стойкости против межкристаллитной коррозии
				Э-08Х24Н4ОМ7Г2	АНХР-2 ТУ 14-4-598	
			08Х17Т 15Х25Т	08Х20Н15ФБ 10Х20Н15Б Э-10Х25Н13Г2 Э-10Х25Н13Г2Б Проволока 08Х20Н-15ФБЮ (ЭП-444)	АНВ-9 АНВ-10	Более 350 °С без требования по межкристаллитной коррозии
			10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	07Х19Н11М3Г2Ф Э-09Х19Н10Г2М2Б	ЭА-400/10У ОСТ 5.9244 НХ-13	Более 350 °С без требования по межкристаллитной коррозии; более 450 °С с содержанием феррита не более 6 %
I	4	Плакирующий	08Х17Н15М3Т	07Х19Н11М3Г2Ф Э-09Х19Н10Г2М2Б	ЭА-400/10У ОСТ 5.9244 НХ-13	Если допускается ферритная фаза. Не менее двух слоев при подтверждении стойкости против межкристаллитной коррозии предварительными испытаниями
			08Х17Н15М3Т	Э-02Х19Н18Г5АМ3 Э-02Х20Н14Г2М2	АНВ-17 ОЗЛ-20	
			06ХН28МДТ	03Х23Н27М3Д3Г2Б 03Х23Н26М3Д3Г2Ф 04Х23Н26М3Д3Г2Б	ОЗЛ-17У АНВ-28 АНВ-37 ОЗЛ-37-2	До 350 °С. Не менее двух слоев
II	1	Плакирующий	08Х18Н10Т 12Х18Н10Т 15Х25Т 08Х17Т	Э-10Х25Н13Г2Б	ЦЛ-9	Не менее двух слоев, более 350 °С без требования по межкристаллитной коррозии
			08Х13	По рекомендациям для плакирующего слоя (4) группы I		
			10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	Э-09Х19Н10Г2М2Б	НХ-13	Те же, что для плакирующего слоя 4 группы способов I; не менее двух слоев
			08Х17Н15М3Т	Э-02Х19Н18Г5АМ3	АНВ-17	
			06ХН28МДТ	05Х23Н28М3Д3Б 03Х23Н26М3Д3Г2Ф 03Х25Н25М3Д3Г2Б	ОЗЛ-17 АНВ-28 ОЗЛ-37-2	
II	2	Основной	Любая	Те же, что для переходного слоя (3) группы I		С ограниченным проплавлением плакирующего слоя
III	2	Основной	08Х18Н10Т 12Х18Н10Т 15Х25Т 08Х17Т 08Х13Т	11Х15Н25М6АГ2	ЭА-395/9 ОСТ 5.9244	С ограниченным проплавлением
					НИАТ-5	
				Э-10Х20Н70Г2М2Б2В	ОЗЛ-25Б	–
III	2	Основной	10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	08Х24Н4ОМ7Г2 08Х25Н60М10Г2	АНХР-2 ТУ 14-4-598	–
					АНХР-1 ТУ 14-4-568	

Продолжение табл. 8.36

Группа способов сварки	Слой шва		Марка плакирующего слоя двухслойной стали	Электроды		
	Номер	Название		Тип электрода по ГОСТ 10052	Марка электрода, технические условия	Условия применения
III	1; 3	Подварочный и плакирующий	08Х18Н10Т 12Х18Н10Т 08Х17Т 15Х25Т, 08Х13	Э-10Х25Н13Г2Б	ЦЛ-9	-
				Э-10Х25Н13Г2	ОЗЛ-6	Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
			10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	08Х24Н4ОМ7Г2 08Х24Н6ОМ10Г2	АНХР-2 ТУ 14-4-598 АНХР-1 ТУ 14-4-568	

Примечания: 1. Группы способов и слоя сварного шва — по табл. 8.35-1.
2. Типы электродов, приведенные без индекса «Э» ГОСТ 10052, не предусмотрены.
3. Допускается применение других марок указанных типов электродов.
4. Условия применения по температуре сварных соединений двухслойной стали в соответствии с ГОСТ 5263О.
5. При применении электродов, стабилизированных ниобием при наличии требований стойкости против межкристаллитной коррозии, температура применения не выше 350 °С.

Таблица 8.37

Сварочные материалы для автоматической сварки под флюсом и аргонодуговой сварки двухслойных сталей

Группа способов сварки	Слой шва		Марка плакирующего слоя двухслойной стали	Рекомендуемые сварочные материалы		Условия применения
	Номер	Название		Проволока сварочная по ГОСТ 2246	Защитная среда	
I	1; 2	Основной	Любая	По рекомендации для стали основного слоя		
	3	Переходный	08Х18Н10Т 12Х18Н10Т	Св-07Х25Н12Г2Т Св-08Х25Н13БТЮ Св-01Х23Н16ГТ	Флюс 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206 Флюс АН-90 ТУ ИЭС 453 Флюс АН-26с ГОСТ 9087 Аргон ГОСТ 10157	С ограниченным проплавлением основного слоя
			15Х25Т 08Х17Т 08Х13	Св-08Х25Н40М7 (ЭП 673) ТУ 14-1-4968		С наплавкой не менее двух плакирующих слоев
			10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т 08Х17Н15М3Т 06ХН28МДТ	Св-08Х25Н40М7 (ЭП 673) Св-08Х25Н60М10 (ЭП 606) ТУ 14-1-4968	Флюс 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206 Флюс АН-26с ГОСТ 9087 Аргон ГОСТ 10157	–
				Св-07Х25Н12Г2Т Св-08Х25Н13БТЮ	Флюс 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206	С наплавкой не менее двух плакирующих слоев
	4	Плакирующий	08Х18Н10Т 12Х18Н10Т	Св-06Х19Н9Т	Флюс АН-26с ГОСТ 9087 Флюс АН-18 ГОСТ 9087 Флюс АН-90 ТУ ИЭС 453 Аргон ГОСТ 10157	Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
				Св-08Х25Н13БТЮ Св-08Х19Н10Г2Б		Выше 350 °С - без требования стойкости против межкристаллитной коррозии

Продолжение таб. 8.37

Группа способов сварки	Слой шва		Марка плакирующего слоя двухслойной стали	Рекомендуемые сварочные материалы		Условия применения
	Номер	Название		Проволока сварочная по ГОСТ 2246	Защитная среда	
I	4	Плакирующий	15Х25Т	Св-О7Х25Н13БТЮ Св-О6Х25Н12ТЮ	Флюс АН-26с ГОСТ 9О87 Флюс АН-18 ГОСТ 9О87 Аргон ГОСТ 1О157	–
			О8Х17Т О8Х13	Св-О7Х25Н12Г2Т		Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
			1ОХ17Н13М2Т 1ОХ17Н13М3Т О8Х17Н15М3Т	Св-О1Х17Н14М3 (ЭП-551) ТУ 14-1-2795		Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
				Св-О6Х2ОН11М3ТБ Св-О8Х19Н1ОМ3Б		Выше 35О °С - без требования стойкости против межкристаллитной коррозии
			1ОХ17Н13М2Т 1ОХ17Н13М3Т О8Х17Н15М3Т	Св-О1Х19Н18Г19АМ4 (ЭП-69О) ТУ 14-1-4981 Св-О6Х2ОН11М3ТБ Св-О8Х19Н1ОМ3Б Св-О1Х19Н18Г1ОАМ4	Флюс АН-18 ГОСТ 9О87 Флюс АН-9О ТУ ИЭС 453 Флюс АНК-5О ТУ ИЭС 461 Аргон ГОСТ 1О157	Выше 35О °С - без требования стойкости против межкристаллитной коррозии: в случаях недопустимости ферритной фазы; после предварительных испытаний на межкристаллитную коррозию. Наплавка валика не менее 2-х слоев
			О6ХН28МДТ	Св-О1Х23Н28М3Д3Т (ЭП-516) Св-О3ХН25МДГБ (ЭП-978) ТУ 14-1-2571		Выше 35О °С - без требования стойкости против межкристаллитной коррозии
II	1		О8Х18Н1ОТ 12Х18Н1ОТ	Св-О8Х2ОН9С2БТЮ Св-О6Х2ОН9ФБС Св-О7Х25Н13БТЮ	Флюс 48-ОФ-6 ОСТ 5.92О6 Флюс АН-9О ТУ ИЭС 453 Флюс АНК-51 ТУ ИЭС 519 ГОСТ 1О157	Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
			15Х25Т О8Х17Т О8Х13	Св-О7Х25Н12Г2Т	Флюс АН-26с ГОСТ 9О87 Флюс АН-18 ГОСТ 9О87	Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
			1ОХ17ТН13М2Т	Св-О6Х19Н11М3ТБ Св-О8Х19Н1ОМ3Б	Флюс АН-9О ТУ ИЭС 454 Флюс АНК-5О ТУ ИЭС 461	Выше 35О °С - без требования стойкости против межкристаллитной коррозии
			1ОХ17Н13М3Т	Св-О8Х25Н4ОМ7 (ЭП-673) ТУ 14-1-4968		Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
			О8Х17Н15М3Т	Св-О1Х17Н14М3 (ЭП 551) ТУ 14-1-2795 Св-О4Х19Н11М3		Без требований стойкости против межкристаллитной коррозии
			1ОХ17Н13М2Т 1ОХ17Н13М3Т О8Х17Н15М3Т	Св-О1Х19Н18Г1ОАМ4 (ЭП-69О) ТУ 14-1-4981 Св-О5Х3ОН4ОМ6ТБ (ЭП-829) ТУ 14-1-914	Флюс АН-18 ГОСТ 9О87 Флюс АНК-26с ГОСТ 9О87	ЭП-69О после испытания на межкристаллитную коррозию. Выше 35О °С - без требования стойкости против межкристаллитной коррозии
	2	Основной	Любая	То же, что для переходного слоя 3 группы I		С ограниченным проплавлением плакирующего слоя

Продолжение табл. 8.37

Группа способов сварки	Слой шва		Марка плакирующего слоя двухслойной стали	Рекомендуемые сварочные материалы		Условия применения
	Номер	Название		Проволока сварочная по ГОСТ 2246	Защитная среда	
III	2	Основной	08Х18Н10Т 12Х18Н10Т	Св-08Х25Н25М3 (ЭП-622) ТУ 14-1-4968	Флюс 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206 Аргон ГОСТ 10157	С ограниченным проплавлением
			15Х25Т 08Х17Т 08Х13	Св-08Х25Н4СМ7 (ЭП-673) Св-08Х25Н6ОМ10 (ЭП-606) ТУ 14-1-4968		
			08Х18Н10Т 12Х18Н10Т 15Х25Т	Св-05Х30Н4ОМ6ТБ (ЭП-829) ТУ 14-1-914	Флюс АН-26с ГОСТ 9087 Флюс 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206 Флюс АН-18 ГОСТ 9087 Аргон ГОСТ 10157	
			08Х17Т 08Х13	Св-10Х16Н25АМ6		
			10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	Св-10Х16Н25АМ6 Св-08Х25Н25М3 (ЭП-622) ТУ 14-1-4968 Св-08Х25Н4ОМ7 (ЭП-673) Св-08Х25Н6ОМ10 (ЭП-606) ТУ 14-1-4968 Св-05Х30Н4ОМ6ТБ (ЭП-829) ТУ 14-1-914		
III	1,3	Подварочный и плакирующий	08Х18Н10Т 12Х18Н10Т 15Х25Т 08Х17Т 08Х13	Св-07Х25Н13БТЮ	Флюс АН-26с ГОСТ 9087 Флюс 48-ОФ-6 ОСТ 5.9206 Флюс АН-18 ГОСТ 9087 Аргон ГОСТ 10157	С ограниченным проплавлением
				Св-05Х30Н4ОМ6ТБ (ЭП-829) ТУ 14-1-914		
				Св-08Х25Н4ОМ7 (ЭП-673) Св-08Х25Н6ОМ10 (ЭП-606) ТУ 14-1-4968		То же без требования стойкости против межкристаллитной коррозии
			10ХI7Н13М2Т	Св-05Х30Н4ОМ6ТБ (ЭП-829) ТУ 14-1-9I4		
			10Х17Н13М3Т	Св-08Х25Н6ОМ10 (ЭП-606) ТУ 14-1-4968		Без требований стойкости межкристаллитной коррозии
			10Х17Н13М3Т 10Х17Н13М2Т	Св-08Х25Н4ОМ7 (ЭП-673) ТУ 14-1-4968		Без требований стойкости межкристаллитной коррозии

Примечания: 1. Допускается комбинированная сварка: сварка переходного слоя — ручная дуговая электродами по табл. 8.36, остальные слои — автоматической сваркой под флюсом.

2. Условия применения по температуре сварных соединений двухслойной стали в соответствии ГОСТ 5263О.

3. При применении сварочной проволоки, стабилизированной титаном или ниобием, при наличии требований стойкости против межкристаллитной коррозии, температура применения не выше 350 °С.

8.1.9. Сварка разнородных сталей

Таблица 8.38

Электроды для ручной алектродуговой сварки разнородных сталей

Сочетание марок в сварном соединении (А - Б)		Электроды			Примечание, допускаемая рабочая температура, условия сварки
А	Б	ГОСТ или ТУ	Тип*	Марка	
Ст3кп, Ст3пс, Ст3Гпс, 1О, 15, 2О, 15К, 16К, 18К, 2ОК, 22К	16ГС, О9Г2С, 1ОГ2С1, 1ОГ2, 17ГС, 17Г1С, 1ОХСНД, 15ХСНД	ГОСТ 9466 ГОСТ 9467	Э-42 Э-42А Э-46 Э-46А	АНО-5 УОНИ-13/45 АНО-4 АНО-8 и им равноценные	Э-42, Э46 не ниже минус 15 °С
	12МХ, 12ХМ, 15ХМ				Подогрев до 2ОО - 3ОО °С, термообработка
	15Х5М				Подогрев до 3ОО - 35О °С, термообработка непосредственно после сварки
16ГС, О9Г2С, 1ОГ2, 1ОГ2С1, 17ГС, 17Г1С, 1ОХСНД, 15ХСНД	12МХ, 12ХМ, 15ХМ	ГОСТ 9466 ГОСТ 9467	Э-5ОА	УОНИ-13/55 и им равноценные	Подогрев до 2ОО - 3ОО °С, термообработка
	15Х5М				Подогрев до 3ОО - 35О °С, термообработка непосредственно после сварки
Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, 1О, 15, 2О, 15К, 16К, 18К, 2ОК, 22К	О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т	ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52	Э-1ОХ25Н13Г2 и им равноценные	ЗИО-8; ОЗЛ-6 и им равноценные	Подогрев в зависимости от толщины и марки стали
	О8Х22Н6Т, О8Х18Г8Н2Т, 12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н1О, О8Х18Н12Б, О3Х18Н11, О2Х18Н11, О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3				До 4ОО °С
			Э-11Х15Н25М6АГ2	ЭА-3959 НИАТ-5 и им равноценные	До 435 °С
		ГОСТ 9466 ТУ 14-168-23	1ОХ25Н25М3Г2	АНХР-3У	До 47О °С
		ГОСТ 9466 ТУ 14-4-598	О8Х24Н4ОМ7Г2	АНХР-2	До 55О °С
		ГОСТ 9466 ТУ 14-4-568	О8Х24Н6ОМ1ОГ2	АНХР-1	До 55О °С
16ГС, О9Г2С, 1ОГ2, 1ОГ2С1, 17ГС, 1ОХСНД, 15ХСНД	О3Х21Н21М4ГБ, О6ХН28МДТ,	ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52	Э-11Х15Н25М6АГ2	НИАТ-5	Приемы против горя-

Продолжение табл. 8.37

	О3ХН28МДТ, ХН3ОМДБ	ГОСТ 9466 ТУ 14-168-23	1ОХ25Н25М3Г2	АНХР-3У	чих трещин

Продолжение табл. 8.38

Сочетание марок в сварном соединении (А - Б)		Электроды			Примечание, допускаемая рабочая температура, условия сварки
А	Б	ГОСТ или ТУ	Тип*	Марка	
12МХ, 12ХМ, 15ХМ	15Х5М	ГОСТ 9466 ГОСТ 9467	Э-О9МХ Э-О9Х1М	ОЗС-11 ЦЛ-2О-63 и им равноценные	Подогрев до 3ОО - 35О °С, термообработка непосредственно после сварки
	О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т	ГОСТ 9466	Э-1ОХ25Н13Г2	ОЗЛ-6 и им равноценные	Подогрев сталей 12МХ, 15МХ, 15ХМ до 2ОО - 3ОО°С, 15Х5М до 3ОО - 35О °С, термообработка, О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т - для ненагруженных конструкций.
12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ, 15Х5М	О8Х22Н6Т, 12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н1О, О8Х18Н12Б, О8Х18Г8Н2Т, О3Х18Н11, О2Х18Н, О8Х17Н13М2Т, 1ОХН13М3Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХI7Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3	ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52 ТУ 14-4-598 ТУ 14-4-568	О8Х24Н4ОМ7Г2 О8Х24Н6ОМ1ОГ2 Э-11Х15Н25М6АТ2	АНХР-2 АНХР-1 ЭА-395/9	
	О3Х21Н21М4ГБ, О6ХН28МДТ, О3ХН28МЮТ, ХН3ОМДБ				То же и приемы против горячих трещин
О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т	О8Х22Н6Т, 12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б, О8Х18Г8Н2Т, О3Х18Н11, О2Х18Н11, О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3, О3Х21Н2М4ГБ, О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, ХН3ОМДБ	ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52	Э-11Х15Н25М6АГ2 Э-1ОХ25Н13Г2 Э-1ОХ25Н13Г2Б	НИАТ-5 ОЗЛ-6 ЦЛ-9 и им равноценные	Подогрев до 15О - 25О °С - для ненагруженных конструкций

Продолжение табл. 8.38

Сочетание марок в сварном соединении (А - Б)		Электроды			Примечание, допускаемая рабочая температура, условия сварки
А	Б	ГОСТ или ТУ	Тип*	Марка	
12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н1О, О8Х18Н12Б, О8Х22Н6Т, О8Х18Г8Н2Т, О3Х18Н11, О2Х18Н11	О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3	ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52	Э-О7Х2ОН9 Э-О4Х2ОН9 Э-О8Х2ОН9Г2Б	ОЗЛ-8 ОЗЛ-14А ЦЛ-11	Без требований по межкристаллитной коррозии. Тоже до 55О °С. При требовании по межкристаллитной коррозии до 35О °С
	О3Х21Н21М4ГБ, О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, ХН3ОМДБ	ГОСТ 9466 ТУ 14-4-715	О3Х23Н27М3Д3Г2Б	ОЗЛ-17У и им равноценные	Приемы против горячих трещин
О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О8Х17Н14М3		ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52	Э-О2Х19Н18Г5АМ3	АНВ-17 и им равноценные	Без требований по межкристаллитной коррозии, приемы против горячих трещин
Примечание: Для сочетаний, включающих коррозионно-стойкие стали аустенитно-ферритного класса, допускаемая рабочая температура не выше 3ОО °С					

Таблица 8.39

Сварочные материалы для сварки разнородных сталей в среде защитных газов и автоматической сварки под ôлюсом

Сочетание марок стали в сварном соединении (А - Б)		Марка проволоки	ГОСТ или ТУ	Марка флюса	Примечание, допускаемая рабочая температура, условия сварки
А	Б				
Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, 1О, 15, 2О, 15К, 16К, 18К, 2ОК, 22К	16ГС, О9Г2С, 1ОГ2, 1ОГ2С1, 17ГС, 17Г1С, 1ОХСНД, 15ХСНД	Св-О8 Св-О8А Св-О8ГА	ГОСТ 2246	АН-348А ОСЦ-45	Подогрев 2ОО - 3ОО °С
16ГС, О9Г2С, 1ОГ2, 1ОГ2С1, 17ГС, 17Г1С, 1ОХСНД, 15ХСНД	12МХ, 12ХМ, 15ХМ	Св-О8ГА Св-О8ГС Св-О8Г2С Св-1ОНЮ	ТУ 14-1-2219	АН-348А ОСЦ-45 АН-22	
Ст3кп, Ст3пс, Ст-3сп, Ст3Гпс, 1О, 15, 2О, 15К, 18К, 2ОК, 22К, 16ГС, О9Г2С, 1ОГ2, 1ОГ2С1, 17ГС, 17Г1С, 1ОХСНД, 15ХСНД	О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т	Св-О7Х25Н13 Св-О7Х25Н12Г2Т	ГОСТ 2246	48-ОФ-6 АН-26С АН-18	Возможен подогрев в зависимости от толщины, для ненагруженных конструкций
	О8Х22Н6Т, 12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н1О, О8Х18Н12Б, О8Х18Г8Н2Т, О3Х18Н11, О2Х18Н11, О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3	Св-О7Х25Н13, Св-О7Х25Н12Г2Т	ГОСТ 2246	48-ОФ-6 АН-26С АН-18	–
		Св-1ОХ16Н25АМ6			До 435 °С
		Св-О8Х25Н25М3	ТУ 14-1-4968		До 47О °С
		Св-О8Х25Н4ОМ7			До 55О °С
	О3Х21Н21М4ГБ О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, ХН3ОМДТ	Св-О8Х25Н6ОМ1О			До 55О °С
		Св-О8Х25Н25М3			До 55О °С
		Св-1ОХ16Н25АМ6	ГОСТ 2246		Приемы против горячих трещин

Продолжение табл. 8.39

Сочетание марок стали в сварном соединении (А - Б)		Марка проволоки	ГОСТ или ТУ	Марка флюса	Примечание, допускаемая рабочая температура, условия сварки
А	Б				
12МХ, 12ХМ, 15ХМ	О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т, О8Х22Н6Т, 12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н1О, О8Х18Г8Н2Т, О3Х18Н11, О2Х18Н11, О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3	Св-Х25Н4ОМ7 Св-О8Х25Н6ОМ1О	ТУ 14-1-4968	АН-18	Подогрев 2ОО - 3ОО °С, термообработка. Соединения со сталями О8Х13, О8Х17Т и 15Х25Т, для ненагруженных конструкций
	О3Х21Н21М4ГБ, О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, ХН3ОМДБ				То же и приемы против горячих
О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т	О8Х22Н6Т, 12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ, О8Х18Н1О, О8Х18Н12Б, О8Х18Г8Н2Т, О3Х18Н11, О2Х18Н11, О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3	Св-О8Х25Н25М3 Св-1ОХ16Н25АМ6 Св-О7Х25Н12Г2Т Св-О7Х19Н1ОБ Св-О6Х25Н12ТЮ	ТУ 14-1-4968 ГОСТ 2246	48-ОФ-6 АН-26С АН-18	Возможен подогрев до 15О - 2ОО °С. При наличии требований по межкристаллитной коррозии только Св-О7Х19Н1ОБ; Св-О6Х-25Н12ТЮ, для ненагруженных конструкций
	О3Х21Н21М4ГБ, О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, ХН3ОМДБ				Приемы против горячих трещин, для ненагруженных конструкций
12Х18Н9Т, О8Х18Н1ОТ, 12Х18Н1ОТ О8Х18Н1О, О8Х18Н12Б, О8Х22Н6Т, О8Х18Г8Н2Т, О3Х18Н11	О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О6Х21Н6М2Т, О3Х17Н14М3	Св-О4Х19Н9, Св-О6Х19Н9Т, Св-О5Х2ОН9ФБС, Св-О8Х2ОН9С2БТЮ, Св-О7Х-18Н9ТЮ	ГОСТ 2246	АН-26С 48-ОФ-6	
О2Х18Н11 О8Х17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т, О8Х21Н5М2Т, О3Х17Н14М3	О3Х21Н21М4ГБ, О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, ХН3ОМДБ	Св-1Х19Н-18Г1ОАМ4, Св-О1Х-23Н28М3Д3Т	ТУ 14-1-4981 ГОСТ 2246		Приемы против горячих трещин. Проверка стойкости против межкристаллитной коррозии

Примечания: 1 Приведены сварочные материалы, которые изготавливаются по ГОСТ 9О87, флюсы марки АН-26С, АН-348А, ОСЦ-45, АН-22, АН-18. Флюс 48-ОФ-6 по ОСТ 5.92О6.

2. Для сочетаний, включающих коррозионностойкие стали аустенитно-ферритного класса, допускается рабочая температура не выше 3ОО °С.

3. В качестве защитных газов следует применять аргон, гелий и их смеси, аргон или гелий с примесью кислорода (до 3 %) или углекислого газа (до 5 %).

Применение углекислого газа допускается для выполнения сварных соединений, работающих преимущественно в слабо коррозионных средах.

8.1.10. Сварка алюминИ И его смлавов

Таблица 8.40

Сварочные проволоки для алюминия и его сплавов

Марка алюминия	Ручная дуговая сварка		Сварка в защитных газах (аргон, гелий)	Автоматическая дуговая сварка под флюсом		Электрошлаковая сварка		Газовая сварка	
	марка электродов или покрытия	марка сварочной проволоки по ГОСТ 7871	марка сварочной проволоки по ГОСТ 7871	марка сварочной проволоки по ГОСТ 7871	марка флюса	марка электродной пластины	марка флюса	марка сварочной проволоки по ГОСТ 7871	марка флюса
А99, А85, А8, А7, А6	АФ-4а ОЗА-1 ЭАЛ-1 (АФ1)	А99 СвА97 СвА85Т	СвА97 СвА85Т	СвА97 СвА85Т	АН-Al УФОК-Al	–	–	Св-А97 СвА85Т	АФ-4А
АДОО АДО, А5 АД1 АМц АМцС	–	СвА85Т СвА5 –	СвА85Т СвА5 Св АМц	СвА85Т СвА5 Св АМц		АДО по ГОСТ 4784 –	АН-А3О8 –	СвА85Т СвА5 –	АФ-4А –
АМг1	–	–	Св АМг	Св АМг3	АН-Al УФОК-Al	СвАМг5 по ГОСТ 7871	АН-А3О1	–	–
АМг3	–	–	Св АМг3 Св АМг5	Св АМг3 Св АМг5					
АМг5 АМг6	– –	– –	Св АМг5 Св АМг6 Св АМг6 по ГОСТ 7871	Св АМг5 Св АМг6 Св АМг6	АН-А4 АН-А4	СвАМг6 по ГОСТ 7871—75 АМг7 по ГОСТ 7871	АН-А3О1	–	–

Примечание. Применение проволоки марки Св АМг5 для сварки сплава АМг3 допускается в случае отсутствия требований к сварным соединениям по стойкости к межкристаллитной коррозии.

Таблица 8.41

Режимы ручной дуговой сварки алюминия марок А99, А85, А8, А7, А6, А5, АДОО, АДО, АД1

Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Толщина свариваемого металла*, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Без скоса кромок	Двусторонний	6 8 1О 12 16 2О 25	5 6 6 8	28О—3ОО 3ОО—32О 32О—38О 35О—45О 4ОО—45О 45О—55О 5ОО—55О
Без скоса кромок	Односторонний, на остающейся подкладке	6 8 1О	5 6 6	28О—3ОО 3ОО—32О 32О—38О
Со скосом кромок	Двусторонний	26—28 3О—32 34—6О	8	5ОО—55О 55О—6ОО 6ОО—7ОО
С двумя симметричными скосами кромок	Двусторонний	35 4О 45 5О 6О	8	55О—6ОО 6ОО—7ОО

* Для толщин 1О—14 мм при ручной аргонодуговой сварке возможен более производительный режим: сварочный ток 4ОО—45О А, диаметр вольфрамового электрода 8 мм, диаметр присадочной проволоки 6—8 мм, количество проходов 2—3.

Таблица 8.42

Режимы ручной аргонодуговой сварки неплавящимся алектродом алюминия и его сплавов

Условное обозначение шва по ГОСТ 14806	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Расход аргона, л/мин	Сварочный ток, А	Количество слоев	Примечания
С1	1,5 2,0	2,0 3,0	1,0 2,0	5—6 5—6	60—90 80—110	1 1	—
С7	3,0	4,0	3,0	7—8	100—130	2	—
С5	2,0 3,0—4,0 5,0—12,0	3,0—4,0 4,0 4,0—5,0	2,0—2,5 3,0 3,0	5—6 7—8 7—8	80—100 150—170 160—200	1 1 1—4	—
С21	5,0—12,0 12,0—30,0	5,0 6,0 8,0	4,0—5,0 6,0—8,0	10—12 12—14 12—14	180—220 240—260 400—450	2—10 2—5	Количество слоев изменяется в зависимости от толщины изделия
С25	5,0—12,0	5,0 6,0	4,0—5,0	10—12 12—14	180—220 240—260	2—10	То же
	12,0—30,0	8,0	6,0—8,0	12—14	400—450	2—5	
Т3, Т1	1,5—20,0	5,0—6,0	4,0	8—10	180—260	1—5	Количество слоев изменяется в зависимости от толщины изделия и катета шва
Н1, Н2	1,5—20,0	4,0 5,0 6,0	3,0—5,0	8—10 10—12 12—14	140—150 180—220 220—260	1—5	То же

Таблица 8.43

Ориентировочные режимы автоматической дуговой сварки по ôлюсу стыковых двусторонних швов алюминия и его сплавов (по ГОСТ 14806)

Толщина свариваемого металла, мм	Количество сварочных проволок	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/с	Ширина слоя флюса, мм	Толщина слоя флюса, мм
6	1	1,2—1,4	170—180	28—30	25—26	24—26	8—10
8	1	1,4—1,6	190—210	30—32	20—22	24—26	8—10
10	1	1,6—2,0	220—280	32—36	18—22	26—28	8—12
	2	1,6	300—320	32—34	16—18	26—30	8—10
12	1	2,5—2,7	350—370	38—40	16—18	32—34	10—12
	2	1,6—1,8	320—340	32—34	16—18	30—32	10—12
16	1	2,8—3,0	400—450	38—42	14—16	40—44	12—14
	2	2,0—2,2	400—450	36—38	16—18	38—40	10—12
18	1	3,0—3,2	450—480	38—42	14—16	40—44	12—14
20	2	2,3—2,5	470—500	36—40	14—16	46—50	12—14
25	1	3,0—3,2	450—480	38—42	12—14	46—50	12—14
35	1	5,0—5,2	1000—1200	46—48	10—12	50—54	14—16

Таблица 8.44

Ориентировочные режимы автоматической аргонодуговой сварки плавящимся алектродом алюминия и его сплавов

Условное обозначение шва по ГОСТ 148О6	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Напряжение на дуге, В	Расход аргона, л/мин	Скорость подачи проволоки, м/ч	Количество слоев	Примечания
С7	1О 14 2О	2,О 3,О 2,О—2,5	32О—34О 34О—36О 36О—38О	2О—26 16—2О 14—16	27—28 27—28 29—3О	24—28 24—28 28—35	29О—31О 31О—33О 33О—36О	2	Сварку первого слоя выполняют на прокладке во избежание прожогов
С5	4 6 1О 12	1,2—1,4 1,4—1,6 2,О 2,О	15О—17О 26О—3ОО 36О—38О 38О—42О	3О—35 18—25 18—22 14—16	16—2О 23—25 26—28 28—29	14—18 2О—24 24—28 28—35	17О—19О 24О—26О 33О—36О 36О—39О	1	—
С18	15	2,О	1-й слой 24О—28О 2-й слой 32О—34О	2О—25	23—25	24—28	22О—25О 29О—31О	2	—
С 18	2О	2,О	1-й слой 36О—38О 2-й слой 4ОО—42О	16—18	28—3О	28—35	33О—36О	2	—
С25	2О	2,О	1-й слой 24О—28О 2-й слой 32О—34О	2О—25	23—25	24—28	22О—25О 29О—31О		Первый слой выполнять на прокладке. Корень шва перед сваркой с обратной стороны подрубить
	25	2,О	1-й слой 36О—38О 2-й слой 4ОО—43О	14—16	28—3О	28—35	33О—36О 37О—392	2	
С25	3О	2,О	1-й слой 36О—38О Последующие слои 4ОО—43О	14—16	28—3О	28—35	33О—36О 37О—39О	4	Первый слой выполнять на подкладке. Корень шва перед сваркой с обратной стороны подрубить
С26	36	2,О	1-й слой 36О—38О Последующие слои 4ОО—43О	14—16	28—3О	28—35	33О—36О 37О—39О	6	Первые слои выполнять на подкладке
С7	1О	2,О	3ОО—32О		28—29	12—14	26О—29О	2	Первый слой сваривать на подкладке, во избежание прожогов. Перед сваркой зачистить шов с обратной стороны
С5	4 6	1,2—1,4 1,4—1,6	12О—16О 22О—26О		25 25	1О—12 12—14	15О—17О 2ОО—22О	1 1	
С18	1О 15 2О	2,О	3ОО—32О		28—29	12—14	26О—29О	1 3 4 (подварка с обратной стороны)	
С25	15 2О	2,О 2,О	3ОО—32О 3ОО—32О		28—29 28—29	12—14 12—14	26О—29О 26О—29О	4 4	Первый слой выполнять на подкладке. Корень шва перед сваркой с обратной стороны подрубить

Продолжение табл. 8.44

Условное обозначение шва по ГОСТ 1480б	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Напряжение на дуге, В	Расход аргона, л/мин	Скорость подачи проволоки, м/ч	Количество слоев	Примечания
С26	30 36	2,0 2,0	300—320 300—320		28—29 28—29	14—16 14—16	260—290 260—290	10 12	Первый слой выполнять на накладке. Сварка рекомендуется с подогревом
Т3	10	2,0	300—320		28—29	12—14	260—290	1 с каждой стороны	D = 3—6 мм (катет шва)
Т8	20	2,0	300—320		28-29	14-16	260—290	6—7 с каждой стороны	D = 8—15 мм (катет шва)
	30							12—15 с каждой стороны	D = 10—20 мм (катет шва), рекомендуется подогрев
	36	2,0	300—320		28—29	14—16	260—290	18—22 с каждой стороны	D = 15—30 мм (катет шва), рекомендуется подогрев
Н1, Н2	10	2,0	300—320		28—29	12—14	260—290	1 6 12—15 18—20	Для толщины 30—36 мм рекомендуется подогрев
	20 30 36					14—16			

Таблица 8.45

Режимы ручной дуговой сварки алюминия марок А99, А85, А8, А7, А6, А5, АД00, АД0, АД1

Форма подготовленных кромок	Характер выполнения шва	Толщина свариваемого материала, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Без скоса кромок	Двусторонний	6 8 10	5 6 6	280–300 300–320 320–380
		12 16 20 25	8	350–450 400–450 450–550 500–550
Без скоса кромок	Односторонний на остающейся подкладке	6 8 10	5 6 6	280–300 300–320 320–380
Со скосом кромок	Двусторонний	26–28 30–32 34–60	8	500–550 550–600 600–700
С двумя симметричными скосами кромок	Двусторонний	35 40 45 50 60	8	550–600
				600–700

Таблица 8.46

Режимы ручной плазменной сварки алюминия

Толщина металла, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Режим сварки				
		Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Диаметр формирующего сопла, мм	Расход аргона, л/мин	Обозначение сварного соединения
6	4	180—200	28—32	6	6—8	С5
8	5	220—240	32—34	7	7—9	С5
10	5	230—250	33—36	7	8—10	С5
12	6	240—270	34—36	7	8—9	С17
14	6	270—300	34—37	8	7—9	С17
16	6	320—350	35—38	8	8—11	С21
18	6	340—380	36—40	8	9—12	С21
20	6	370—410	38—42	8	10—14	С21

Таблица 8.47

Режимы автоматической плазменной сварки

Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Скорость		Расход аргона, л/мин		Диаметр формирующего сопла, мм
		сварки, м/ч	подачи проволоки диаметра 3,0 мм, м/ч	для защиты	плазмообразующего	
6	340—350	16,0—18,0	60—65	14—16	1—1,0	4
8	350—365	12,0—14,0	60—65	16—18	1—1,4	4
10	370—390	8,0—10,0	80—90	18—20	1—1,8	5
12	400—415	7,0—8,0	95—100	20—22	1—2,0	5
14	420—435	6,5—7,0	95—105	22—24	1—2,0	6
16	430—445	5,8—6,5	100—110	24—26	1—2,0	8
18	450—465	5,5—6,0	110—120	26—28	1—2,0	8
20	470—480	5,0—5,5	120—130	26—28	1—2,0	10
Примечание. Расстояние от торца плазмотрона до изделия должно устанавливаться в пределах 12—22 мм.						

8.1.11. Сварка меди и медных сплавов

Таблица 8.48

Сварочные материалы, применяемые для ручной дуговой сварки меди

Марка свариваемого материала	Проволока	Марка электрода	Технические условия
М1Р	МТ (ГОСТ 2112)	«Комсомолец-100»	ТУ 14-4-644
М2Р	М1 (ГОСТ 859)	АНЦ/0ЗМ-3	ТУ 14-4-1270
М3Р		АНЦ/0ЗМ-4	ТУ 14-4-1270

Таблица 8.49

Величина сварочного тока в зависимости от диаметра алектрода

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
До 3	3	150—200
До 5	4	250—300
Свыше 5	5	350—450
	6	500—600

Кромки подготавливают к сварке механическим способом. При толщине свариваемого металла до 10 мм — ражделка со скосом двух кромок, свыше 10 мм — с криволинейным скосом двух кромок (рис. 8.21).

а *б*

а — при s до 10 мм;
б — при s > 10 мм.

Рис. 8.21. Форма поперечного сечения кромок

свариваемых деталей

Таблица 8.50

Ориентировочные режимы дуговой сварки меди и медных сплавов

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр угольного электрода, мм	Диаметр присадочного стержня, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В
3	6	4	180—200	30—35
4	8	5	200—240	30—35
5	10	6	240—270	30—35
6	14	7	270—300	30—35
7	16	8	300—350	30—35
8	18	8	350—380	35—40
10	18	8	400—450	35—40
12	20	8	430—470	35—40
14	20	10	450—500	35—40
16	20	10	500—550	35—40

Таблица 8.51

Ориентировочные режимы ручной аргонодуговой сварки стыковых соединений меди неплавящимся алектродом

Толщина металла, мм	Разделка кромок	Число проходов	Проходы	Диаметр присадочного прутка, мм	Сварочный ток, А	Расход аргона, л/мин
1,0	без скоса кромок	1	—	1,2	4,0—100	4—5
1,5		1	—	2,0	50—120	4—5
2,0		1	—	2,0	110—140	4—5
3,0		1	—	3,0	170—220	5—6
4,0		2	—	3,0	200—250	5—6
5,0	со скосом кромок	2	1	4,0	300—350	5—6
6,0		3	1	3,0	300—350	6—7
			2	4,0	300—350	6—7
			подварочный шов	4,0	300—350	6—7
10,0	со скосом кромок	4	1	3,0	300—350	7—8
			2	5,0	300—350	7—8
			3	6,0	300—400	7—8
			подварочный шов	3,0	300—350	7—8
12,0		5	1	3,0	250—350	8—10
			2	5,0	300—400	8—10
			3	6,0	350—450	8—40
			4	6,0	350—450	8—10
			подварочный шов	3,0	300—350	8—10
20	с двумя симметричными скосами	6	1,2	3,0	300—400	10—12
			3,4	5,0	300—450	10—12
			5,6	6,0	300—350	10—12
25		8	1 и 2	3,0	300—400	12—14
			3 и 4	5,0	360—450	12—14
			5 и 6	6,0	400—550	12—14
			7 и 8	6,0	450—600	12—14

Таблица 8.52

Ориентировочные режимы сварки меди в азоте и гелии

Толщина металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Вылет электрода	Защитный газ
6,0	5	4	400	5—7	азот
	5	4	180—210	6—8	гелий
8,0—10,0	6	4	210—230	8—12	гелий
12,0	6	5	250—300	8—12	гелий

Таблица 8.53

Значения силы тока для неплавящихся алектродов

Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	
	Постоянный ток, прямая полярность	Переменный ток
1,0	25—65	10—75
2,0	65—150	40—125
3,0	200—250	75—150
4,0	200—300	125—250
5,0	250—400	200—300
6,0	300—450	300—400

Таблица 8.54

Сварочные проволоки, применяемые в качестве плавящегося алектрода при полуавтоматической сварке

Марка свариваемого металла	Сварочная проволока		Защитный газ	
	марка	нормативно-технический документ	марка	нормативно-технический документ
М1Р М2Р М3Р	МНЕКТ 5-1-0,2-0,2 БрКМц 3-1	ГОСТ 16130 ГОСТ 5222	азот аргон-азот гелий-азот	ГОСТ 9293 ГОСТ 10157 ГОСТ 9293 ТУ 51-940

Таблица 8.55

Режимы полуавтоматической сварки тонкой меди плавящимся алектродом в среде азота

Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Вылет электрода, мм	Напряжение на дуге, В	Сварочный ток, А	Ориентировочная скорость сварки, м/ч	Расход защитного газа, л/мин
1,5	0,8	10—11	24—25	130—140	18—20	
2,0	1,0	10—12	25—26	170—180	20—25	
2,5	1,0	10—12	26—27	180—200	20—25	
3,0	1,0	10—12	27—30	200—210	20—25	18—20
4,0	1,0	10—12	30—32	220—240	20—25	
5,0	1,6	10—12	31—32	250—260	20—25	
6,0—12,0	1,8	10—12	32—36	260—320	20—25	

Примечание: Режимы пригодны при сварке двусторонним швом, выполненными навесу или по продувке неплавящимся электродом без присадочного материала.

Таблица 8.56

Ориентировочные режимы автоматической сварки меди

Толщина металла, мм	Зазор между кромками, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В
6	0,5—1,0	4	204	27	450—550	30—32
8	1,0—2,0	4	221	25	600—650	28—30
10	2,0—3,0	4	282	25	700—800	26—28
40	2,0—3,0	6	—	2,4	1000—1100	24—26
50	2,0—3,0	6	—	1,5	1000—1100	24—26
60	2,0—3,0	6	—	1,5	1100—1200	24—26
70	2,0—3,0	6	—	1,5	1200—1300	24—26
80	2,0—3,0	6	—	1,5	1300—1400	24—26

8.1.1k. Газовая сварка латуни Л63

Таблица 8.57

Подготовка кромок к сварке

Толщина свариваемого металла, мм	Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей	Притупление, с, мм	Зазор в, мм
До 2		—	1,0—1,5
2—10		1,0—1,5	1,5—2,0
12—20		1,5—2,6	2,0—3,0

Таблица 8.58

Режим сварки

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер наконечника горелки	Расход ацетилена, л/ч
2	2	2	300—400
4	4	3	300—500
6	5	3	750—1200
8	6	5	750—1200
10	6	6	1700—2500
12	8	6	1700—2500
14	8	6	1700—2500
16	10	7	1700—2500
18	12	7	1700—2500
20	12	7	1700—2500

Таблица 8.59

Ориентировочные режимы ручной аргонодуговой сварки меди с латунью неплавящимся алектродом

Толщина, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сварочный ток, А
4	4	3	300—340
5	4—5	3	320—360
6	5	3—4	380—450

8.1.13. Сварка никеля и его сплавов

Таблица 8.60

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом стыковых соединений никеля без скоса кромок

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s = s_1$	b номин.	b пред. откл.	e номин.	e пред. откл.	g номин.	g пред. откл.	Диаметр электрода	Режим сварки: сварочный ток, А	Режим сварки: номер слоя в шве	Режим сварки: расход аргона, л/с
Сн 1			1,2	0	+0,5	2S	+2	–	–	2,0	90–100	1	0,16–0,20
			3,0		+1,5		+3		–		120–140		0,20–0,23
Сн 2			1,0	0	+0,5	5	+1 –2	1,0	±0,5	2,0	40–60	1	0,13–0,20
			1,5								60–80		
			2,0	1	+1,0	6		1,5	±1,0	1,5	90–100		0,16–0,20
			3–4			8	±2				120–140		0,20–0,23
Сн 4			2,0	2	±1,0	5	+1 –2	1,5	±1,0	1,5	90–100	2	0,16–0,20
			3–4			7	±2			2,0	100–140		0,20–0,23

Таблица 8.61

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом стыковых соединений никеля с симметричными скосами двух кромок

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	$s = s_1$	h	h_1	f	l не более	l_1 не более	g номин.	g пред. откл.	Диаметр электрода	Режим сварки: сварочный ток, А	Режим сварки: номер слоя в шве	Режим сварки: расход аргона, л/с
Сн 21			4–6	3–5	2–3	4–5	17	10	0,5	+1,0	4	180–160	1 и последующие	0,20–0,25
			6–8	5–6			19			–0,5				0,20–0,26
			8–10	6–8	3–4	6–7	22	12		+2,0		200–250		0,23–0,26
			10–12	8–10	4–5	6–8	25	13		–0,5		250–300		

Таблица 8.62

Сварочные материалы для никеля и механические свойства сварных соединений

Марка электрода (марка проволоки, разработчик электродов)	Механические свойства при 20 °С						Область применения
	Наплавленный металл			Сварное соединение			
	Предел прочности, МПа, не менее	Предел текучести, МПа, не менее	Относительное удлинение, %, не менее	Предел прочности, МПа, не менее	Угол загиба, град., не менее	Ударная вязкость Дж/см^2, не менее	
ОЗЛ-32 (НМцАТК 1,0-1,5-2,5-0,15) ТУ 14-4-786 (ВНИИПТХИММАШ и ОСЗ)	450	300	25	380	120	150	Для сварки конструкций, работающих в агрессивных средах и под давлением
П-2НЧ/НП2 ВНИИПТХИММАШ	30	–	10	350	60	130	Для ремонта сварных швов
НС-1/НП2 Пермский политехнический институт	–	–	–	410	120	180	Для сварки и ремонта конструкций, работающих без давления с температурой стенки не более 100 °С в растворах щелочей
НР-1/НП2 Пермский политехнический институт	–	–	–	380	90	120	

Таблица 8.63

Ручная дуговая сварка штучным алектродом стыковых соединений никеля без скоса кромок

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	$в$		l (пред. откл. +1 –2)	g (пред. откл. ±1)	Режим сварки		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		номин.	пред. откл.			диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве
Сн 2			3	1	±1	7	1,5	3	120-140	1
			4	2			2			
Сн 4			3-5			8	1,5	4	150-180	1—2

Таблица 8.64

Ручная дуговая сварка штучным алектродом стыковых соединений никеля со скосом двух кромок

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	$c = в$		l, не более	g		Режим сварки		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		номин.	пред. откл.		номин.	пред. откл.	диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве
Сн 15			3-5	1	±1	12	О,5	+1,5 – О,5	3	12О-14О	1 и последующий
			6-8			18			4	15О-18О	2 и последующий
			1О-12	2	+1 –2	25		+2,О – О,5	3	12О-14О	1
									4	15О-18О	2 и последующий
Сн 15			14-16	2	+1 –2	31	О,5	+2,О – О,5	3	12О-14О	1
									4	15О-18О	2 и последующий
			18-2О			38			3	12О-14О	1
									4	15О-18О	2 и последующий

Таблица 8.65

Ручная дуговая сварка штучным алектродом стыковых соединений никеля со скосом двух кромок с подваркой корня шва

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	$C = в$		l, не более	l_1 (пред. откл. +1 –2)	g		Режим сварки		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		номин.	пред. откл.			номин.	пред. откл.	диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве
Сн 18			3-5	1	±1	12	8	1,5	+1,5 – О,5	3	12О-14О	1 и последующий 1 и подварочный
			6-8			18						
										4	15О-18О	2 и последующий

Продолжение таб1. 8.65

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	$c = в$		l, не более	l_1 (пред. откл. +1 –2)	g		Режим сварки		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		номин.	пред. откл.			номин.	пред. откл.	диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве
Сн 18			1О-12	2	+2 –2	25	1О	1,5	–О,5	3	12О-14О	1 и подварочный
										4	15О-18О	2 и последующий
			14-16			31		О,5	+2,О –О,5	3	12О-14О	1
										4	15О-18О	2 и последующий
			18-2О			38				3	12О-14О	1
										4	15О-18О	2 и последующий

Таблица 8.66

Ручная дуговая сварка штучным алектродом стыковых соединений никеля с двумя симметричными скосами двух кромок

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	h	l, не более	g		Режим сварки		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				номин.	пред. откл.	диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве
Сн 21			12-14	5-7	19	О,5	+2,О –О,5	3 4	12О-14О 15О-18О	1 2 и последующий
			16-18	7-8	22			3 4	12О-14О 15О-18О	1 2 и последующий
			2О-24	9-11	28			3 4	12О-14О 15О-18О	1 2 и последующий
			26-3О	12-14	32		+3,О –О,5	3 4	12О-14О 15О-18О	1 2 и последующий
			3О-4О	14-19	4О			3 4	12О-14О 15О-18О	1 2 и последующий

Продолжение табл. 8.66

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	h	l, не более	g		Режим сварки		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				номин.	пред. откл.	диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве
Сн 22			30-32	13-14	26	0,5	+2,0 –0,5	3 4	120-140 150-180	1 2 и последующий
			34-36	15-16	28			3 4	120-140 150-180	1 2 и последующий
			38-40	17-18	29			3 4	120-140 150-180	1 2 и последующий

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$s = s_1$	h	h_1	f	l	l_1	g		Режим сварки			
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					не более		номин.	пред. откл.	диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве	расход аргона, л/с
Сн 25			12-14	5-7	–	–	19	–	0,5	+2,0 –0,5	5	250-300	1 и последующие	0,23–0,26
			16-18	7-8	–	–	22	–						
			18-20	8-9	–	–	24	–						

Таблица 8.67

Ручная дуговая сварка штучным алектродом стыковых соединений никеля со скосом двух кромок с последующей строжкой

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$S = S_1$	h	h_1	f	l	l_1	g		Режим сварки		
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					не более		номин.	пред. откл.	диаметр электрода	сварочный ток, А	номер слоя в шве
Сн 25			6-10	6-7	4-5	6-8	22	13	0,5	+1,0 –0,5	3	120-140	1-2 подварочный
			12-14	8-10	6-7	8-10	24	15		+2,0	4	150-180	3 1 и последующий
			16-18	11-13	7-8		31					130-170	1 и последующий
			20-22	14-15	8-10	11-13	32	18		–0,5		150-170	1 и последующий

Примечания. 1. В случае обрыва дуги сварку начинать на шве, отступая от кратера на 60-80 мм, тщательно очистив кратер и шов от шлака. 2. При сварке кольцевых швов необходимо перекрыть начало шва на 50-60 мм. 3. Шлаковую корку и нерасплавленный флюс удалять после остывания шва ниже 100°С.

Таблица 8.68

Автоматическая дуговая сварка двусторонних швов стыковых соединений никеля без скоса кромок на ôлюсовой подушке

Условное обозначение шва сварного соединения по ГОСТ 8713	Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер слоя в шве	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
Сн 29	5	3	1	370—400	32—34	25,9—27,7	50,4—57,6
			2	420—450			72,0—82,8
	6	4	1	450—500	30—34	27,7—29,9	50,4—57,6
			2	500—550			68,4—72,0
	7		1				
			2	600—650			72,0—82,8
	8		1	550—600	34—36		68,4—72,0
			2	600—650			72,0—82,8
	10		1 2	650—700	36—40	25,9—27,7	50,4—57,6
	12		1 2	700—750		23,8—25,9	61,2—68,4
	14	5	1	750—800			
			2		38—40	18,4—23,8	68,4—72,0
	16		1				
			2	800—850	38—42		72,0—82,0
	18		1		40—42	18,0—18,4	
			2	850—900			
	20		1 2	900—950	42—44		82,8—86,4

Таблица 8.69

Автоматическая дуговая сварка двусторонних швов стыковых соединений никеля без скоса кромок на ôлюсовой подушке с последующей строжкой

Условное обозначение шва сварного соединения по ГОСТ 8713	Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер слоя в шве	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
Сн 30	10	4	1—2	650—700	36—40	25,9—27,7	50,4—57,6
	12			700—750		23,8—25,9	61,2—68,4
	14	5					
	16		1—3	750—800	38—40		72,0—82,8
	18					18,4—23,8	
	20			850—900			57,6—61,2

Таблица 8.70

Автоматическая дуговая сварка двусторонних швов стыковых соединений никеля со скосом двух кромок на флюсовой подушке

Условное обозначение шва сварного соединения по ГОСТ 8713	Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер слоя в шве	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
Сн 33	14	5	1	800—850	38—40	27,7—29,9	97,2—104,4
			2	700—750			50,4—57,6
	16		1(2)*	800—850	40—42		72,0—86,4
			2	700—750			50,4—57,6
	18		1(2)*	800—850			97,2—104,4
			2				50,4—57,6
	20		1(2)*	700—750			118,6—129,6
			2				50,4—57,6
(2)* – первый слой может быть выполнен за 2 прохода.							

Таблица 8.71

Автоматическая дуговая сварка двусторонних швов стыковых соединений никеля со скосом двух кромок с предварительной подваркой корня шва

Условное обозначение шва сварного соединения по ГОСТ 8713	Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер слоя в шве	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
Сн 21	14	3	1	370—400	32—40	29,9—31,7	50,4—57,6
		5	2 и последующий	600—650	30—34	27,7—29,9	72,0—82,8
	16	3	1	370—400	32—40	29,9—31,7	50,4—57,6
		5	2 и последующий	600—650	30—32	27,7—29,9	72,0—82,8
	18	3	1	370—400	32—40	29,9—31,7	50,4—57,6
		5	2 и последующий	750—800	22—24	18,4—23,8	68,4—72,0
	20	3	1	370—400	30—32	29,9—31,7	50,4—57,6
		5	2 и последующий	800—850	24—26	23,8—25,9	68,4—72,0

Таблица 8.72

Автоматическая дуговая сварка двусторонних стыковых соединений никеля со скосом двух кромок с предварительным наложением подварочного шва

Условное обозначение шва сварного соединения по ГОСТ 8713	Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Номер слоя в шве	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
Сн 81	5	3	1	440—460	32—34	18,0—23,8	61,2—68,4
	6	4		550—600			
	7			600—650	33—35	18,0—18,4	82,8—86,4
	8						90,0—97,2
	9	5			35—37		111,6—118,8
	10			650—700			86,4—90,0
	12				34—36		97,2—104,4
	14						111,6—118,8

Таблица 8.73

Сварочные материалы для сварки коррозионно-стойких сплавов на никелевой основе

Марка свариваемого материала	Марка проволоки, технические условия для аргонодуговой сварки	Марка и тип электрода, ГОСТ
ХН65МВ (ЭП567)	ХН65МВУ (ЭП76О) ТУ 14-1-4727	ОЗЛ-21 (Э-О2Х2ОН6ОМ15В3) ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52
ХН65МВУ (ЭП76О)	ХН65МВУ (ЭП76О) ТУ 14-1-4727 ХН63МБ-ВИ (ЭП758У-ВИ) ТУ 14-1-4734	
ХН63МБ (ЭП758У)	ХН63МБ-ВИ (ЭП758У-ВИ) ТУ 14-1-4734	–
Н7ОМВФ-ВИ (ЭП814А-ВИ)	Н65М-ВИ (ЭП982-ВИ) ТУ 14-1-3281	–
Н65М-ВИ (ЭП982-ВИ)	Н65М-ВИ (ЭП982-ВИ) ТУ 14-1-3281	–
ХН78Т (ЭИ435)	ХН78Т (ЭИ-435) ТУ 14-1-997 ХН75МБТЮ (ЭИ6О2) ТУ 14-1-997	ОЗЛ-25Б (Э-1ОХ2ОН7ОГ2М2Б2В) ГОСТ 9466 ГОСТ 1ОО52
Примечание: Допускается в качестве присадочного материала применять прутки («лапшу»), нарезанные из листового проката, толщиной 2–3 мм, шириной 3–4 мм той же марки, что и свариваемый материал. Нарезанную «лапшу» зачистить до металлического блеска и удалить заусенцы.		

Таблица 8.74

Режимы ручной аргонодуговой сварки коррозионностойких сплавов на никелевой основе

Толщина свариваемого листа, мм	Форма подготовки кромок и характер выполненного шва	Количество проходов	Диаметр, мм		Сварочный ток, А		Расход аргона, л/мин	
			вольфрамового электрода	сварочной проволоки	Корень шва	Раскрытие шва	на горелку	на защиту обратной стороны
1,5–2,О	Без скоса кромок. Односторонний и двусторонний	1–2	2,О–3,О	2,О	4О–6О	–	8–1О	2–3
4	Со скосом двух кромок. Односторонний и двусторонний	3–4	3,О	2–3	6О	8О	8–1О	2–3
6		4–5	3,О	2–3	6О	8О–1ОО	1О–12	4–6
1О		1О–12	3,О	2–3	8О	1ОО–12О	12–14	4–6
6	С двумя симметричными скосами двух кромок, двусторонний	4–5	3,О	2-3	6О	8О–1ОО	1О–12	4–6
8		6–8			8О	8О–12О	1О–12	4–6
1О–12		8–12			8О	1ОО–12О	12–14	4–6
15–2О	Со скосом двух кромок, односторонний	14–16	3–4	2–3	8О–1ОО	12О–14О	14–18	6–8
Примечания: 1 Напряжение должно быть 12–13 В. 2. Первый слой (корень шва) выполнять сварочной проволокой ∅ 2 мм за 1–2 прохода.								

Таблица 8.75

Основные типы, конструктивные алементы и размеры сварных стыковых соединений сплавов ХН65МВ, ХН65МВУ и ХН63МВ

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы подготовленных швa сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	$в$ номин.	$в$ пред. откл.	l_1 ±2	g номин.	g пред. откл.	l номин.	l пред. откл.	α град. пред. откл. ±2°
С1н	s, $в$	s_1, $l \pm 1$, l, g		от 1,8 до 2,0						7	+3	
С2н	s, $в$	s_1, l, g	ИНп	св. 2,0 св. 3,0	0,5	+0,5	–	1,0	±0,5	9	+3	–
С3н	s, $в$, α, $0{,}5^{+0,5}$	s_1, $l \pm 1$, l, g		св.3,0 до 8,0	1,0					10	±2	35
				св. 8,0 до 10,0	1,5				±1,0	10	±2	30
С4н	С7н, $0{,}5^{+0,5}$, s, $0{,}5^{+0,5}$, α	s_1, l, g, 2 ± 10, $в_1$		$R0{,}7$, $в$	l	от 4,0 до 6,0; св. 6,0 до 10,0; св. 10,0 до 14,0		св. 4,0 до 6,5	1,0; 1,5			
С5н	s, $l \pm 1$, α, s_1, $в$	g			ИНп	от 10,0 до 12,0; св. 12,0 до 16,0; св. 16,0 до 20,0						
С6н	s, $0{,}5^{+0,5}$, s_1, $в$, α	g, l				от 1,5 до 2,0			0,0			
	α, $2^{+0,5}$	$2 \pm 0{,}5$			l	ЗП						

0,6

s

8 1,0

1O 2,0

±O,5

– 1,0

1,5

+O,1

–

1,4

+O,2 1,5

1 –
OO

,
± 3
2

3
5

9

+
4

1
4

2
O

± –O,3
2

3
O

1
5

±
2

±1,O

9

±
2

2
5

1
2

±
2

1
5

±
2

±
1
,
5
–
1
,
O

7 +2 35

+
O
,
2

П р и м е ч а н и е. Сварные соединения типов С6н и С7н применяются при сварке труб.

Таблица 8.76

Основные типы, конструктивные алементы и размеры сварных угловых соединений сплавов ХН65МВ, ХН65МВУ и ХН63МБ

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	$в$		l		l_1		α град. пред. откл. ±2°
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			номин.	пред. откл.	номин.	пред. откл.	номин.	пред. откл.	
У1н			ИНп	от 6,О до 10,О	О,5	+О,5	–	–	–	–	–
У2н											
				св. 10,О до 20,О	1,О 2,О	±1,О	18 22	±2,О	–	–	5О
У3н			ИНп	от 6,О до 10,О	О,5	+1,5	7	±2,О	5	±1,О	5О
				св. 10,О до 20,О			17		15		

Таблица 8.77

Основные типы, конструктивные алементы и размеры сварных тавровых соединений сплавов ХН65МВ, ХН65МВУ и ХН63МБ

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	*в*		*с*		*l*		α град. пред. откл. ±2°
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			номин.	пред. откл.	номин.	пред. откл.	номин.	пред. откл.	
Т1н		*И = s*	ИНп	от 2,О до 3,О св. 3,О до 6,О св. 6,О до 12,О	О	+1,О	–	–	–	–	–
Т2н		*0,15s—0,5s*	ИНп	от 3,О до 4,О св. 4,О до 8,О св. 8,О до 14,О св. 14,О до 16,О	О	+1,О +1,5 +2,О	0,5	+О,5	7 1О 16 18	±1,О ±2,О	5О
Т3н		*0,15s—0,5s*	ИНп	от 3,О до 4,О св. 4,О до 8,О св. 8,О до 14,О св. 14,О до 20,О	О	+1 +1,5 +2,О	0,5	+О,5	7 1О 16 18	±1,О ±2,О	5О

П р и м е ч а н и я. 1. Размеры прихваток 15–2О мм, расстояние между прихватками 15О–2ОО мм при толщине свариваемых деталей до 6 мм и 2ОО–25О мм при толщине более 6 мм. 2. При возобновлении сварки после случайного или вынужденного обрыва дуги окончание шва следует перекрывать на 1О–15 мм. Поверхность перекрываемого участка шва перед этим должна быть зачищена абразивным кругом или обезжирена.

Таблица 8.78

Сварочные материалы для сварки сплавов на основе никеля со сталями

Марка свариваемых материалов		Проволока для аргонодуговой сварки		Электроды для ручной дуговой сварки	
сплав	сталь	марка по ГОСТ 2246 или техническим условиям	рабочая температура, °С, не более	марка или тип по ГОСТ 10052 или техническим условиям	рабочая температура, °С
ХН65МВ (ЭП567) ХН65МВУ (ЭП760) ХН63МБ (ЭП758У) Н70МФВ-ВИ (ЭП814А-ВИ) Н65М-ВИ (ЭП982-ВИ) ХН78Т (ЭИ435)	Углеродистые и низколегированные ВСт3сп,10, 20, 16ГС, 09Г2С	Св-07Х25Н13	До 350°С В пределах применения сталей по ГОСТ 5263О	ОЗЛ-6 (Э-10Х25Н13Г2) ЭА-395/9	До 350°С В пределах применения сталей по ГОСТ 5263О
	Высоколегированные и хромоникелевые и хромоникельмолибденовые типа Х18Н10Т и Х17Н13М2Т	Св-10Х16Н25АМ6[1)] Св-01Х23Н28М3Д3Т		ЭА-395/9[1)] (11Х15Н25М6АГ2) ОСТ 5.9244-75 ОЗЛ-6[1)] (Э-10Х25Н13Г2)	

Примечания. 1. Без требования по стойкости против МКК. 2. Допускается также применение сварочных материалов, предназначенных для выполнения однородных соединений сплавов.

8.1.14. Сварка тИтановых смлавов

Таблица 8.79

Сварочные материалы

Марка свариваемого сплава	Марка проволоки	Стандарт
ВТ1-00, ВТ1/0, ГОСТ 19807—74	ВТ1-00 ВТ1-00С	ОСТ 19001 5 ТУ 1-9-1056 ТУ 1-9-922
ОТ4-0, ГОСТ 19807—74	ОТ4-1	ОСТ 19001 5 ТУ 1-9-1056

Таблица 8.80

Ориентировочные режимы ручной аргонодуговой сварки титановых сплавов

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход аргона, л/мин		Диаметр сопла горелки, мм	Количество проходов
					для защиты дуги	для защиты обратной стороны шва		
0,5—1,0	1,5—2,0	1,0—1,5	25—60	8—10	15—20	10—15	14—16	1
1,6	1,5—2,0	1,5—2,0	60—80	10—12	15—20	10—15	14—16	1
2,0	2,0—2,5	1,5—2,0	80—100	10—14	15—20	10—15	14—16	1
3,0	2,5—3,0	1,5—3,0	120—160	10—14	15—20	10—15	16—18	1
4,0	2,5—3,0	1,5—3,0	120—160	10—16	15—20	10—15	18—20	2
6,0	2,5—3,0	1,5—3,0	140—180	10—16	15—20	10—15	18—20	3—4
8,0—10,0	2,5—3,0	2,0—3,0	160—180	10—16	16—20	10—15	18—20	8—10
12,0	3,0—4,0	2,0—4,0	180—220	10—16	16—20	10—15	18—20	12
14,0	3,0—4,0	3,0—4,0	200—220	10—16	20—30	8—12	18—20	14
16,0	3,0—4,0	3,0—4,0	200—240	10—16	20—30	8—12	18—20	16
18—20	4,0—5,0	3,0—4,0	200—300	10—16	20—30	8—12	18—20	20
20—26	4,0—5,0	4,0—5,0	250—300	10—16	20—30	8—12	18—20	24

26—3О	4,О—5,О	4,О—5,О	25О—3ОО	1О—16	2О—3О	8—12	18—2О	26

Таблица 8.81

Ориентировочные режимы автоматической сварки стыковых швов титана неплавящимся алектродом

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Расход аргона, л/мин	
							для защиты дуги	для защиты обратной стороны шва
Без присадочного металла								
0,5	1,5	—	30—45	8—10	45—50	—	8—10	4,4
0,8	1,5	—	60—80	8—10	30—35	—	8—10	2—4
1,0	1,5	—	80—100	8—10	25—35	—	10—12	2—4
1,5	1,5—2,0	—	120—140	8—10	25—35	—	10—12	2—4
2,0	2,0—2,5	—	160—200	9—11	25—35	—	12—14	4—6
2,5	2,0—2,5	—	180—240	10—12	25—35	—	12—14	4—6
3,0	2,5—3,0	—	260—300	10—12	25—30	—	14—16	4—6
С присадочным металлом								
3	2,5—3,0	1,5—2,0	200—260	8—10	20—25	20—50	14—16	4—6
4	2,5—3,0	1,5—2,0	200—260	8—10	15—20	15—50	14—16	4—6
6	2,5—3,0	1,5—2,0	200—260	8—10	15—20	25—70	20—30	5—8
10—12	2,5—3,0	1,5—2,0	200—260	8—10	15—20	25—70	20—30	5—8

Примечание. Превышение кромок должно быть не более 10 % от толщины металла.

Таблица 8.82

Ориентировочные режимы автоматической аргонодуговой сварки стыковых швов титана плавящимся алектродом

Толщина свариваемого металла, мм	Характер выполненного шва	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч	Расход газа для защиты, л/мин		
						сварочной ванны и шва	обратной стороны шва	инертный газ (в горелку)
8—10	Односторонний со скосом двух кромок на съемной подкладке	1,6	360—400	15—20	80—90	12—14 30—40	3—6	гелий аргон
8—10	Двусторонний с двумя симметричными скосами двух кромок	1,6	340—360	25	65—70	14—16 30—40	3—6	гелий аргон
12—14	Односторонний со скосом двух кромок на съемной подкладке	1,6	580—600	17	145	14—16 30—40	8—10	гелий аргон
12—14	Двусторонний с двумя симметричными скосами двух кромок	1,6	360—400	20—25	100—120	14—16 30—40	8—10	гелий аргон
16—20	Двусторонний с двумя симметричными скосами двух кромок	1,6	440—480	20—22	130—135	14—16 30—40	8—10	гелий аргон

Таблица 8.83

Ориентировочные режимы автоматической двусторонней сварки стыковых швов титана неплавящимся алектродом в защитном газе

Толщина свариваемого металла, мм	Проходы	Инертный газ (в горелку)	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, л/мин	
						в горелку	в приставку, аргон
10	На провар Сглаживание	гелий аргон гелий	350—400 340—300 150—200	20—22 13—15 20—22	12—14 13—15 10—12	40—50 20—25 —	30—40 — —
20	На провар Сглаживание	гелий гелий	550—600 200—250	22—24 23—25	7—8 9—10	60—70 40—50	35—45 —
30	На провар Сглаживание	гелий гелий	960—980 350—400	17—18 25—28	12—14 9—10	60—70 45—55	40—50 35—45
34—36	На провар Сглаживание	гелий гелий	970—1000 400—450	15—16 26—28	10—12 9—10	60—70 50—70	35—45 —

Таблица 8.84

Режимы автоматической дуговой сварки титановых сплавов под ôлюсом

Толщина свариваемого металла, мм	Метод сварки	Диаметр сварочной проволоки, мм	Режим сварки			
			сварочный ток, А	напряжение дуги, В	скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	скорость сварки, м/ч
3	На остающейся подкладке	2,0	190—210	28—30	162	50
3	То же	2,5	240—260	30—32	162	50
4	То же	2,5	270—290	30—32	189	50
4	На медной подкладке	3,0	340—360	30—32	150	50
5	На остающейся подкладке	3,0	340—360	30—32	150	50
5	На медной подкладке	3,0	370—390	30—32	150	50
6	На остающейся подкладке	3,0	380—400	30—32	162	50
6	На медной подкладке	3,0	390—420	28—30	175	50
6	Двусторонняя	2,5	240—260	28—32	162	50
8	На медной подкладке	4,0	590—600	30—32	95	45
8	Двусторонняя	3,0	310—300	28—30	189	50
10	На медной подкладке	4,0	600—610	32—34	95	45
10	Двусторонняя	3,0	340—360	30—32	150	50
12	То же	3,0	350—400	28—30	162	50
15	То же	3,0	390—420	30—32	175	30

Таблица 8.85

Режимы алектрошлаковой сварки титановых сплавов пластинчатым алектродом

Толщина свариваемого металла, мм	Толщина пластинчатого электрода, мм	Плотность тока, А/мм^2	Напряжение дуги, В	Масса засыпаемого флюса, г
30—40	8—10	1,0—1,4	16—18	80—100
40—60	10—12	1,4—1,7		100—140
60—90	10—12	1,6—2,2		140—200
90—120	10—12	2,2—2,4		180—250

8.1.1 . Сварные соединения из алюминия и алюминиевых сплавов

Конструктивные алементы и размеры сварных соединений из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 14806)

Ражмеры, мм

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b: Номин.	b: Пред. откл.	e, не более	g: Номин.	g: Пред. откл.
Стыковые соединения									
C 2			РИНп; АИНп	от 0,8 до 1,0	0	+0,5	7	0,8	±0,5
				св. 1,0 до 2,5			10		
				св. 2,5 до 4,0		+1,0	12	1,0	
C 4			РИНп; АИНп	от 0,8 до 1,0	0	+0,5	7	0,8	±0,5
				св. 1,0 до 2,0			10		
				св. 2,0 до 4,0		+1,0	12	1,0	
				св. 4,0 до 5,0			14		
			АИНп; АИНп-3	св. 4,0 до 6,0			15	2,0	±1,0
				св. 6,0 до 8,0			16		
C 4			АИНп; АИНп-3	св. 0,8 до 10,0	0	+1,0	19	2,0	±1,0
				св. 10,0 до 12,0		+2,0	21		
				св. 12,0 до 14,0			22		
				св. 14,0 до 16,0			23		
C 5			РИНп; АИНп	от 0,8 до 1,0	0	±1,5	8	0,8	±0,5
				св. 1,0 до 2,0			10		
				св. 2,0 до 4,0	1	±1,0	12	1,0	
				св. 4,0 до 5,0			14		
			АИНп; АИНп-3	св. 4,0 до 6,0	1,5	±1,5	15	2,0	±1,0
				св. 6,0 до 8,0			16		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*e*, не более	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
C 5			АИНп; АИНп-3	св. 8,0 до 10,0	1,5	±1,5	19	2,0	±1,0
				св. 10,0 до 12,0			21		
				св. 12,0 до 14,0			22		
				св. 14,0 до 16,0			23		
C 7			РИНп; АИНп	от 2 до 3	0	+1	10	1	±0,5
				св. 3 до 4			12		
				св. 4 до 6					
			АИНп	св. 6 до 8			16	2	±1,0
				св. 8 до 10		+2	19		

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*c* Номин.	*c* Пред. откл.	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
C 8			РИНп	от 4 до 6	0	+1	2	±1	13	±2	2	±1
				св. 6 до 8					16			
				св. 8 до 10			3		20			
				св. 10 до12		+2			24			
C 9				св. 12 до 14					28	±3		
				св. 14 до 16					32		3	
				св. 16 до 18					36			
				св. 18 до 20					40			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	*c* Номин.	*c* Пред. откл.	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
C 10			РИНп	от 4 до 6	2	±1	16	±2	2	±1

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	c Номин.	c Пред. откл.	e Номин.	e Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.
С 10			РИНп	св. 6 до 8	2	±1	19	±2	2	±1
				св. 8,0 до 10,0	3		22			
				св. 10,0 до 12,0			25			
				св. 12,0 до 14,0			29	±3		
				св. 14,0 до 16,0			33		3	
				св. 16 до 18			37			
				св. 18 до 20			41			

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	b Номин.	b Пред. откл.	c Номин.	c Пред. откл.	e Номин.	e Пред. откл.	e_1 (пред. откл. ±2)	g Номин.	g Пред. откл.
С 12	РИНп	от 4 до 6	0	+1	2	±1	13	±2	10	2	±1
		св. 6 до 8					16				

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	c Номин.	c Пред. откл.	e Номин.	e Пред. откл.	e_1	g Номин.	g Пред. откл.
С 12	РИНп	св. 8 до 10	0	+1	2	±1	20	±2	10	2	±1
		св. 10 до12		+2			24				
		св. 12 до 14					28	±3	13	3	
		св. 14 до 16					32				
		св. 16 до 18					36				
		св. 18 до 20					40				

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	$s = s_1$	c (пред. откл. ±1)	h_1 (пред. откл. ±1)	e Номин.	e Пред. откл.	g Номин.	g Пред. откл.
С 14	РИНп	от 16 до 18	2	11	25	±2	3	±1
		св. 18 до 20			26			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	c (пред. откл. ±1)	h_1 (пред. откл. ±1)	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 14			РИНп	св. 20 до 22	2	11	27	±2	3	±1
				св. 22 до 24			28			
				св. 24 до 26			29	±3	4	
				св. 26 до 28			30			
				св. 28 до 30			31			
C 15			РИНп	от 12 до 14	2	$h = 5$	16	±2	2	±1
				св. 14 до 16		6	18			
				св. 16 до 18		7	20		3	
C 15			РИНп	св. 18 до 20	2	8	22	±2	3	±1
				св. 20 до 22		9	24			
				св. 22 до24		10	26		4	
				св. 24 до 26		11	28	±3		
				св. 26 до 28		12	30			
				св. 28 до 30		13	32			
				св. 30 до 32		14	34			
				св. 32 до 35		15	36			

Условное обозначение сварного соеди- нения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	*b*		*c* (пред. откл. ±1)	*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 17			РИНп	от 4 до 6	0	+1	2	12	±2	2	±1
				св. 6 до 8				14			
			РИНп; АИНп	св. 8 до 1О		+2		17			
				св. 1О до 12				2О			
				св. 12 до 14				23	±3	3	
				св. 14 до 16				26			
				св. 16 до 18				29			
				св. 18 до 2О				3О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	*c* (пред. откл. ±1)	*e*		*g*	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 18			РИНп	от 4 до 6	2	12	±2 ±3	2 3	±1
				св. 6 до 8		14			
			РИНп; АИНп; АИНп-3	св. 8 до 1О		17			
				св. 1О до 12		2О			
				св. 12 до 14		23			
				св. 14 до 16		26			
				св. 16 до 18		29			
				св. 18 до 2О		3О			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	c (пред. откл. ±1)	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
C 19			РИНп; АИНп; АИНп-3	от 5 до 8	2	17	±2	2	±1
				св. 8 до 1О		19			
				св. 1О до 12		21			
				св. 12 до 14		24		3	
				св. 14 до 16		27			
				св. 16 до 18		3О	±3		
				св. 18 до2О		33			
				св. 2О до 22		36			
				св. 22 до 24		39			
				св. 24 до 26		41		4	+1 –2
				св. 26 до 28		44			
				св. 28 до 3О		47			

Условное обозначение сварного динения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	b		c (пред. откл. ±1)	e		e_1 (пред. откл. ±2)	g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.
C 21			РИНп; АИНп	от 4 до 6	0	+1	2	12	±2	12	2	±1
				св. 6 до 8				15				
				св. 8 до 1О		+2	3	18		16	3	
				св. 1О до 12				2О	±3			
				св. 12 до 14				24		18		
				св. 14 до 16				26				
				св. 16 до 18				28				
				св. 18 до 2О				31				
			АИНп; АИНп-3	от 2О до 23			12	36		15	5	+1 –2
				св. 23 до 26				4О				
				св. 26 до 29				44				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*c* (пред. откл. ±1)	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	e_1 (пред. откл. ±2)	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
C 21			АИНп; АИНп-3	св. 29 до 32 св. 32 до 36 св. 36	0	+2	12	48 52 58	±3	15	5	+1 –2
C 25			РИНп; АИНп	до 4О $s = s_1$ от 12 до 14 св. 14 до 17 св. 17 до 2О св. 2О до 23 св. 23 до 26 св. 26 до 3О	*c* (пред. откл. ±1) 3			*h* (пред. откл. ±1,5) 5 7 9 1О 11 13	*e*1 (пред. откл. ±3) 17 19 21 23 25 27		*g* Номин. 3 4	*g* Пред. откл. ±1
C 27	Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей 	Конструктивные элементы сварного шва 	РИНп; АИНп АИНп	то 3О до 32 св. 32 до 36 св. 36 до 4О от 42 до 46 св. 46 до5О св. 5О до 54 св. 54 до 6О	*c* (пред. откл. ±1) св. 14 до 17			*h* (пред. откл. ±1,5)	*e* пред. откл. ±3)		*g* Номин. 3	*g* Пред. откл. 9
C 39			РИНп; АИНп	$s = s_1$ от 12 до 14	*c* (пред. откл. ±1)	*h* (пред. откл. ±1,5)	*e* (пред. откл. ±3)	*e*, не более	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.

3
O 4

31

32 5

+1

±1

33

6

34

35

g_1

36

g

2 ±1

14

3

±
1

15

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва		$s = s_1$	c (пред. откл. ±1)	h (пред. откл. ±1,5)	e (пред. откл. ±3)	e, не более	g Номин.	g Пред. откл.	g_1 Номин.	g_1 Пред. откл.
С 39			РИНп; АИНп	св. 17 до 20	3	11	26	16	3	±1	2	±1
				св. 20 до 23		13	29	18				
				св. 23 до 26		15	32	20	4		3	
				св. 26 до 30		18	35	22				
			АИНп; АИНп-3	св. 32 до 36	12	16	33	18	3			
				св. 36 до 40		19	35	20			4	
				св. 40 до 44		22	38	22				
				св. 44 до 48		25	42	24				
				св. 48 до 52		27	46	26	4	+1 –2		
				св. 52 до 56		30	50	28				
				св. 56 до 60		33	55	30				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	R	l	e, не более	b Номин.	b Пред. откл.
Угловые соединения									
У 1			РИНп; АИНп	от 1,0 до 1,5	2,5-3,0	От s до 2,5s	5	0	+0,1
				св. 1,5 до 2,0	3,0-4,5		7		
				св. 2,0 до 2,5	4,5-5,0		8		+0,2

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва		s	b Номин.	b Пред. откл.	$И$	e, не более	g Номин.	g Пред. откл.	p, не более
У 4	$s_1 \geq 0{,}7s$		РИНп; АИНп	от 1,5 до 3,0	0	+0,5	От 0 до 0,5	7	1	+1	2
				св. 3,0 до 5,0		+1,0		10			3
			РИНп; АИНп; АИП; ПИП	св. 5,0 до 8,0				14		+2	4
				св. 8,0 до 10,0				16			
				св. 10,0 до 12,0		+2,0		20			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*И*	*e*, не более	*g* Номин.	*g* Пред. откл.	*K* Номин.	*K* Пред. откл.
У 5			РИНп; АИНп	от 1,5 до 3,О	0	+О,5	От О до О,5*s*	7	1	+1	3	+2
				св. 3,О до 5,О		+1,О		1О				+3

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*c* (пред. откл. ±1)	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
У 6			РИНп; АИНп	от 4 до 6	0	+1	2	15	±2	2	±1
				св. 6 до 8				17			
				св. 8 до 1О		+2	3	2О			
				св. 1О до 12				23			
				св. 12 до 14				26	±3	3	
				св. 14 до 16				3О			
			РИНп; АИНп	св. 16 до 18				34			
				св. 18 до 2О				38			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* Номин.	*b* Пред. откл.	*c* (пред. откл. ±1)	*K* Номин.	*K* Пред. откл.	*e* Номин.	*e* Пред. откл.	*g* Номин.	*g* Пред. откл.
У 7			РИНп; АИНп	от 4 до 6	0	+1	2	3	+3	15	±2	2	±1
				св. 6 до 8				4		17			
				св. 8 до 1О		+2	3		+4	2О			
				св. 1О до 12						23			
				св. 12 до 14						26			
				св. 14 до 16						3О	±3	3	
				св. 16 до 18						34			
				св. 18 до 2О		+1			+5	38			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	c (пред. откл. ±1)	h (пред. откл. ±1)	e: Номин.	e: Пред. откл.	e, не более	g: Номин.	g: Пред. откл.	g_1: Номин.	g_1: Пред. откл.
У 8			РИНп	от. 12 до 14	2	5	19	±2	17	2	±1	5	±2
				св. 14 до 16		6	21		19	3			
				св. 16 до 18		7	23		21				
				св. 18 до 20		8	25		23				
				св. 20 до 22		9	27		25				
				св. 22 до 24		10	29		27				
				св. 24 до 26		11	31	±3	29	4		10	±3
				св. 26 до 28		12	33		31				
				св. 28 до 30		13	35		33				
				св. 30 до 32		14	37		35				
				св. 32 до 35		15	39		37				
У 8			ПИП	от. 12 до 14	4	4	16	±2	17	5	+1 –2	6	±3
				св. 14 до 16		5	18		19				
				св. 16 до 18		6	20		21				
				св. 18 до 20		7	22		23				
				св. 20 до 22		8	24		25				
				св. 22 до 24		9	26		27				
				св. 24 до 26		10	28	±3	29			10	±4
				св. 26 до 28		11	30		31				
				св. 28 до 30		12	32		33				
				св. 30 до 32		13	34		35				
				св. 32 до 35		14	36		37				

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	c (пред. откл. ±1)	e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
У 9			РИНп; АИНп;	от 12 до 14	2	25	±2	2	±1
				св. 14 до 16		28			
				св. 16 до 18		31		3	
				св. 18 до 20		34			
				св. 20 до 22		37			
				св. 22 до 24		40			
				св. 24 до 26		43	±3	4	
				св. 26 до 28		45			
				св. 28 до 30		48			
У 9			АИП; ПИП	от 12 до 14	4	22	±2	4	+1 –2
				св. 14 до 16		24			
				св. 16 до 18		27			
				св. 18 до 20		30			
				св. 20 до 22		33			
				св. 22 до 24		36			
				св. 24 до 26		39	±3	5	
				св. 26 до 28		42			
				св. 28 до 30		45			

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.	K: Номин.	K: Пред. откл.
Тавровые соединения								
Т 1			РИНп	от 1 до 2	0	+0,5	3	+2
			РИНп; АИНп	св. 2 до 3		+1,0		
				св. 3 до 4			4	+3
			РИНп; АИНп; АИНп-3; АИП; ПИП	св. 3 до 8		+2,0		
Т 3				св. 8 до 10			6	+4
				св. 10 до 12				
				св. 12 до 14				
				св. 14 до 16				
				св. 16 до 18			8	
				св. 18 до 20				+5

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	b: Номин.	b: Пред. откл.	c (пред. откл. ±1)	e: Номин.	e: Пред. откл.
Т 6			РИНп; АИНп	от 4 до 6	0	+1	2	13	±2
				св. 6 до 8				16	
				св. 8 до 10				19	
				св. 10 до 12		+2	3	21	±3
				св. 12 до 14				25	
				св. 14 до 16				29	
				св. 16 до 18				33	
				св. 18 до 20				37	

Условное обозначение сварного сое- динения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b		c (пред. откл. ±1)	K		e	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
T 7			РИНп; АИНп	от 4 до 6	0	+1	2	3	+3	13	±2
				св. 6 до 8				4		16	
				св. 8 до 1О						19	
				св. 1О до 12		+2	3			21	±3
				св. 12 до 14				5	+4	25	
				св. 14 до 16						29	
				св. 16 до 18						33	
				св. 18 до 2О					+5	37	

Условное обозначение сварного сое- динения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	c	e	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				Номин.	Пред. откл.
T 2			РИНп; АИНп	от 16 до 18	2±1	23	±2
				св. 18 до 2О		24	
				св. 2О до 22		25	
				св. 22 до 24		26	
				св. 24 до 26		27	±3
				св. 26 до 28		28	
				св. 28 до3О		29	
T 5	$s_1 \geqslant 0{,}7s$		РИНп	s	e	h (пред. откл. ±1,5)	e (пред. откл. ±3)
				от 32 до 36	3±1	15	21
				св. 36 до 4О		17	23
				св. 4О до 44		19	25
				св. 44 до 48		21	27

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	c	h (пред. откл. ±1,5)	e (пред. откл. ±3
Т 5			РИНп	св. 48 до 52	3±1	23	29
				св. 52 до 56		25	31
				св. 56 до 60		27	33

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	c (пред. откл. ±1)	h (пред. откл. ±1,5)	h_1 (пред. откл. ±1)	e (пред. откл. ±3)
Т 10			РИНп	от 32 до 36	3	15	11	21
				св. 36 до 40		17		23
				св. 40 до 44		19		25
				св. 44 до 48		21		27
				св. 48 до 52		23		29
				св. 52 до 56		25		31
				св. 56 до 60		27		33

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	B, не менее	b: Номин.	b: Пред. откл.	$s = s_1$: K	$s = s_1$: K_1	$s > s_1$: K	$s > s_1$: K_1	$s < s_1$: K	$s < s_1$: K_1
Нахлесточные соединения													
Н 1			РИНп	от 1 до 2	5	0	+0,5	$s + b$	$s + b$	$s + b$	от $0{,}5s_1$ до s_1	от $0{,}5s$ до s	от $0{,}5s_1$ до s_1
			РИНп; АИНп; АИНп-3; АИП; ПИП	св. 2 до 4	15		+1,0						
				св. 4 до 6				от $0{,}5s$ до s	от $0{,}5s$ до s	от $0{,}5s$ до s			
				св. 6 до 8			+2,0						
				св. 8 до 10									
				св. 10 до 12									
				св. 12 до 14	20								
				св. 14 до 16									
				св. 16 до 18									
				св. 18 до 20									

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	B, не менее	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва				Номин.	Пред. откл.
Н 2		(Значения K_1 ниже)	РИНп	от 1 до 2	5	0	+О,5
			РИНп; АИНп; АИНп-3; АИП; ПИП	св. 2 до 4	15		+1,О
				св. 4 до 6			
				св. 6 до 8			+2,О
				св. 8 до 1О			
				св. 1О до 12			
				св. 12 до 14			
				св. 14 до 16	2О		
				св. 16 до 18			
				св. 18 до 2О			

Способ сварки	s	$s = s_1$				$s_1 < s$				$s_1 > s$			
		K	K_1	K_2	K_3	K	K_1	K_2	K_3	K	K_1	K_2	K_3
РИНп	от 1 до 2	$s + b$				от О,5s до s	от s_1 до 1,4 s_1	$s_1 + b$	от О,5s до s	$s + b$	от О,5s_1 до s_1	от О,5s_1 до s_1	от s до 1,4 s
РИНп; АИНп; АИНп-3; АИП; ПИП	св. 2 до 4												
	св. 4 до 6	от О,5s до s						от О,5s_1 до s_1		от О,5s до s			
	св. 6 до 8												
	св. 8 до 1О												
	св. 1О до 12												
	св. 12 до 14												
	св. 14 до 16												
	св. 16 до 18												
	св. 18 до 2О												

Способ дуговой сварки в инертных газах: РИНп — ручная неплавящимся электродом с присадочным металлом; АИНп — автоматическая неплавящимся электродом с присадочным металлом; ПИП — полуавтоматическая плавящимся электродом.

При сварке швов стыковых соединений деталей неодинаковой толщины, когда разность толщин не превышает величин, указанных в табл. 8.86, подготовку кромок под сварку производят так же, как и для деталей одинаковой толщины. В этом случае конструктивные элементы подготовки кромок и размеры выполненного шва назначают по большей толщине свариваемых деталей.

В нахлесточных соединениях сварной шов не должен выступать над поверхностью более чем на 1 мм.

Таблица 8.86

Разность толщин (мм) листов при стыковой сварке

Толщина тонкой детали	Разность толщины деталей
От 0,8 до 3,0	0,5
Св. 3,0 до 5,0	1,0
» 5,0 » 12,0	1,2
» 12,0 » 25,0	1,5
» 25,0 » 60,0	3,0

При сварке технического алюминия допускается увеличение размеров швов до 20 %.

При выполнении двустороннего шва с полным проплавлением перед сваркой с обратной стороны корень шва должен быть расчищен до чистого металла. Расчистка абразивными кругами не допускается.

Для осуществления плавного перехода от одной детали к другой допускается наклонное расположение поверхности шва.

При разности в толщине свариваемых деталей выше значений, указанных в табл. 8.86, на детали, имеющей большую толщину s_1, должен быть сделан скос с одной или двух сторон до толщины тонкой детали s, как указано на рис. 8.22.

При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

В стыковых соединениях без скоса кромок деталей толщиной свыше 6 мм при сварке неплавящимся электродом с присадочным металлом для обеспечения направленности его подачи в сварочную ванну разрешается снимать фаску с верхних кромок деталей размером (1,0—1,5)×45°.

При сварке в положениях, отличных от нижнего, допускается увеличение размеров шва, но не более: 2 мм— для деталей толщиной до 25 мм; 3 мм — свыше 25 мм.

При сварке в гелии на постоянном токе размеры шва могут быть уменьшены до 15 %.

Для расчетных угловых швов значения катетов K; K_1 должны быть установлены при проектировании сварного соединения.

Предельные отклонения величины катета расчетных швов должны соответствовать:

+2,0 мм при $K < 5$ мм; +3,0 мм при $5 \le K \le 8$ мм; +4,0 мм при $K > 8$ мм.

Для стыковых соединений допускается уменьшение размера с ± 2 до ± 1 мм, для тавровых и угловых соединений до 1^{+1} мм.

Рис. 8.22

8.1.16. Сварные соединения из винипласта и полиэтилена

Конструктивные алементы подготовленных кромок деталей и швов соединений из полиатилена, полипропилена и винипласта (ГОСТ 16310)

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b	g	g_1	e, не более
					(пред. откл. ±1)			
Стыковые соединения								
С 1			Г	2-4	О,5	2	1	6
С 2			Г Э	2-6	3	2	1	8 1О
С 3			Г Э	$s = s_1$ 2-6	b (пред. откл. ±1) 2	g 2		e, не более 8 1О
С 4			Г	$s = s_1$ 2-4	b (пред. откл. ±1) О,5	g 2	g_1 2	e не более 8	e_1 3
Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b	g		e, не более
					(пред. откл. ±1)			
С 5			Г; Э	4-6 7-9 1О-12 13-15 16-18 19-2О	О,5	2 3		1О 16 18 2О 24 26
С 6			Г; Э	4-6 7-9 1О-12 13-15 16-18 19-2О	2	2 3		1О 16 18 2О 24 26
С 7			Г; Э	4-6 7-9 1О-12 13-15 16-18 19-2О	2	2 3		1О 16 18 2О 24 26
С 8			Г; Э	$s = s_1$ 4-6 7-9	b (пред. откл. +1) О,5	$J = g_1$ (пред. откл. ±1) 2	e, не более 1О 16	e_1 (пред. откл. ±1) 6

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b (пред. откл. +1)	$g = g_1$ (пред. откл. ±1)	e, не более	e_1 (пред. откл. ±1)
С 8			Г; Э	10-12	0,5	3	18	6
				13-15			20	9
				16-18			24	
				19-20			26	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b (пред. откл. +1)	g (пред. откл. ±1)	e, не более
С 9			Г; Э	8-10	0,5	2	16
				11-13		3	18
				14-16			20
				17-19			24
				20			26
С 10			Г; Э	4-6	0,5	2	12
				7-9			16
				10-12		3	18
				13-15			23
				16-18			26
				19-20			29

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	b (пред. откл. +1)	g (пред. откл. ±1)	e, не более
С 11			Г; Э	4-6	0,5	2	12
				7-9			16
				10-12		3	18
				13-15			23
				16-18			26
				19-20			29
С 12			Г; Э	4-6	0,5	2	12
				7-9			16
				10-12		3	18
				13-15			23
				16-18			26
				19-20			29

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	$s = s_1$	E (пред. откл. +1)	$g = g_1$ (пред. откл. ±1)	e, не более	e_1, не более
С 13			Г; Э	4-6	0,5	2	12	6
				7-9			16	
				10-12		3	18	
				13-15			23	9
				16-18			26	
				19-20			29	

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s = s_1$	b (пред. откл. +1)	$g = g_1$ (пред. откл. ±1)	e, не более
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					
С 14			Г; Э	8-1О	О,5	2	16
				11-13		3	23
				14-16			26
				17-19			29
				2О			3О
Угловые соединения							
У 1			Г; Э	s	b (пред. откл. +1)		$И$ (пред. откл. +1)
				2-1О	О,5		0
У 2			Г	s	b (пред. откл. +1)	J (пред. откл. ±1)	e, не более	$И$ (пред. откл. +1)
				2-4	2	3	6	0
Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b (пред. откл. +1)		$И$ (пред. откл. +1)
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва					
У 3			Г; Э	2-1О	0		0
У 4			Г	s	b (пред. откл. +1)	J (пред. откл. ±1)	e, не более	$И$ (пред. откл. +1)
				2-4	О,5	3	6	0
У 5			Г; Э	s	E (пред. откл. +1)	g (пред. откл. ±1)	e
				4-6	О,5	2	12
				7-9			16
				1О-12		3	18
				13-15			2О
				16-18			24
				19-2О			26

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	s	b (пред. откл. +1)	g (пред. откл. ±1)	e
У 6			Г; Э	4-6	О,5	2	12
				7-9			16
				1О-12		3	18
				13-15			2О
				16-18			24
				19-2О			26

Условное обозначение сварного соединения	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва	Способ сварки	s	E (пред. откл. +1)	$g = g_1$ (пред. откл. ±1)	e (не более)	e_1 (не более)
У 7			Г; Э	8-1О	О,5	2	16	14
				11-13		3	18	16
				14-16			2О	18
				17-19			24	22
				2О			26	24

Условное обозначение сварного соединения	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва	Способ сварки	s	b (пред. откл. +1)	J (пред. откл. ±1)	e, не более
У 8			Г; Э	4-6	О,5	2	12
				7-9			16
				1О-12		3	18
				13-15			23
				16-18			26
				19-2О			29

Условное обозначение сварного соединения	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва	Способ сварки	s	b (пред. откл. +1)	J (пред. откл. ±1)	e, не более
У 9			Г; Э	4-6	О,5	2	12 16
				7-9			
				1О-12		3	18
				13-15			23
				16-18			26
				19-2О			29

Тавровые соединения

Условное обозначение сварного соединения	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва	Способ сварки	s	b (пред. откл. +1)
Т 1			Г; Э	2-2О	0
Т 2					

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* (пред. откл. +1)	*g* (пред. откл. ±1)	*e*, не более
Т 3			Г; Э	4-6	О,5	3	12
				7-9		5	16
				1О-12		7	18
				13-15		9	2О
				16-18		11	24
				19-2О		13	26
Т 4			Г; Э	4-6	О,5	3	12
				7-9		5	16
				1О-12		7	18
				13-15		9	2О
				16-18		11	24
				19-2О		13	26

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы: подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы: сварного шва	Способ сварки	*s*	*b* (пред. откл. +1)	*J* (пред. откл. +2)	*e*, не более
Т 5			Г; Э	8-12 13-15 16-18 19-2О	О,5	5 7 9 11	18 2О 24 26

Нахлесточные соединения				*s*	*b* (пред. откл. +1)
Н 1			Г; Э	2-2О	0
Н 2					

ѓсловные обозначения способов сварки: Г — сварка нагретым газом с присадочным прутком; Э — сварка экструзионная.

Технические требования. 1. При выполнении швов стыковых соединений деталей, разность толщин которых не превышает 1 мм, подготовка кромок под сварку производится так же, как и для деталей одинаковой толщины.

2. Если разность толщин свариваемых деталей превышает 1 мм, то на детали большей толщины должен быть сделан скос с одной или двух сторон до толщины более тонкой детали.

3. При выполнении двусторонних швов допускается удаление корня шва ранее уложенных проходов механическим путем.

4. Во всех случаях допускается удаление проплавов сварных швов механическим путем заподлицо с основным материалом; врезание в основной материал при этом не допускается.

5. Для расчетных сварных соединений катет углового шва *К* должен быть установлен при проектировании соединений.

Предельные отклонения катета углового шва *К* от номинального значения должны соответствовать: + 1,О мм при $K < 6$ мм; + 1,5 мм при $6 \le K \le 12$ мм; + 2,О мм при $K > 12$ мм.

6. Допускается усиление углового шва до 2 мм или ослабление до 3 мм.

8.1.17. Ѧасчет Ирочности сварных соединениѵ

Стыковое соединение с прямым швом (рис. 8.23, *а*). Допускается усилие для соединения при растяжении $P_1 = [\sigma'_р]\, ls$, то же при сжатии $P_2 = [\sigma'_{сж}]\, ls$, где $[\sigma'_р]$ и $[\sigma'_{сж}]$ — допускаемые напряжения для сварного шва соответственно при растяжении и сжатии.

При расчете прочности все виды подготовки кромок в стыковых соединениях принимают равноценными.

Стыковоесоединениескосымшвом(рис.8.23,*б*). Допускаемое усилие для соединения при растяжении

$$P_1 = \frac{[\sigma'_р]\, ls}{\sin\beta},$$

то же при сжатии

$$P_2 = \frac{[\sigma'_{сж}]\, ls}{\sin\beta}.$$

При $\beta = 45°$ соединение равнопрочно целому сечению.

ѓахлесточное соединение (рис. 8.24). Соединения выполняют угловым швом. В зависимости от направления шва относительно направления действующих сил угловые швы называют лобовыми (рис. 8.24, *а*), фланговыми (рис. 8.24, *б*), косыми (рис. 8.24, *в*) и комбинированными (рис. 8.24, *г*).

Рис. 8.24. Швы нахлесточных соединений: а — лобовой; б — фланговый; в — косой; г — комбинированный

Максимальную длину лобового и косого швов не ограничивают. Длину фланговых швов следует принимать не более 6О*К*, где *К* — длина катета шва. Минимальная длина углового шва 3О мм; при меньшей длине дефекты в начале и в конце шва значительно снижают его прочность. Минимальный катет углового шва K_{min} принимают равным 3 мм, если толщина металла $s \ge 3$ мм.

Допускаемое усилие для соединения $P_1 = P_2 = 0{,}7\,[\tau_{ср}]\, KL$, где $[\tau'_{ср}]$ — допускаемое напряжение для сварного шва на срез; *К* — катет шва; *L* — весь периметр угловых швов;

для лобовых швов $l = l$;

для фланговых $l = 2l_1$;

для косых $L = \dfrac{l}{\sin\beta}$;

для комбинированных $l = 2l_1 + l$.

Соединение несимметричных 5лементов (например, угловых профилей, рис. 8.25). Усилия, передаваемые на швы *1* и *2*, находят из уравнений статики:

$$P_1 = P\frac{e_1}{e}; \quad P_2 = P\frac{e_2}{e}.$$

Рис. 8.23. Стыковое соединение:
а — с прямым швом; б — с косым швом

Рис. 8.25. Соединение несимметричных элементов

Необходимая длина швов

$$l_1 = \frac{P_1}{0{,}7[\tau'_{ср}]K}; \quad l_2 = \frac{P_2}{0{,}7[\tau'_{ср}]K},$$

где $[\tau'_{ср}]$ — допускаемое напряжение для сварного шва на срез; K — катет шва.

Примечание. Допускается увеличение l_2 до размера l_1.

Тавровое соединение: а) наиболее простое в технологическом отношении (рис. 8.26). Допускаемое усилие для растяжения

$$P = [\tau'_{ср}]0{,}7Kl,$$

где $[\tau'_{ср}]$ — допускаемое напряжение для сварного шва на срез; K — катет шва не должен превышать 1,2 s (s — наименьшая толщина свариваемых элементов);

б) обеспечивающее лучшую передачу усилий (рис.8.27). Допускаемое усилие для растяжения

$$P_1 = [\sigma'_{р}]ls,$$

допускаемое усилие для сжатия

$$P_2 = [\sigma'_{сж}]ls,$$

где $[\sigma'_{р}]$ и $[\sigma'_{сж}]$ — допускаемые напряжения для сварного шва при растяжении и сжатии.

Рис. 8.26. Наиболее простое в технологическом отношении тавровое соединение

Рис. 8.27. Тавровое соединение, обеспечивающее

$$F_н = 2s_н l = \frac{F([\sigma_р] - [\sigma'_р])}{[\sigma'_р]},$$

где F — сечение основного металла; $[\sigma_р]$ — допускаемое напряжение при растяжении основного металла; $[\sigma'_р]$ — допускаемое напряжение для сварного шва при растяжении.

Сечение накладки, обеспечивающее равнопрочность целого сечения (рис. 8.29):

$$F_н = s_н l = \frac{F([\sigma_р] - [\tau'_{ср}])}{[\tau'_{ср}]},$$

где $[\tau'_{ср}]$ — допускаемое напряжение для сварного шва на срез.

Соединение с прорезями (рис. 8.30) применяют лишь в случаях, когда угловые швы недостаточны для скрепления. Рекомендуется $a = 2s$, $l = (10 — 25)\,s$.

Допускаемое усилие, действующее на прорезь,

$$P = 2[\tau'_{ср}]ls,$$

лучшую передачу усилий

Соединение с накладками. Сечение накладок, обеспечивающее равнопрочность целого сечения (рис. 8.28):

Рис. 8.28. Соединение с накладками

$\lfloor$ сд $\rfloor$

где $[\tau'_{ср}]$ — допускаемое напряжение для сварного шва на срез.

Соединение пробочное (рис. 8.31) применяют в изделиях, не несущих силовых нагрузок. Пробочную сварку можно применять для соединения листов толщи- ной ≥ 15 мм. Если побочные соединения подвергаются действию срезывающих сил, то напряжение

Рис. 8.29. Соединение с накладками

Рис. 8.30. Соединение с прорежями

Рис. 8.31. Пробочное соединение

$$\tau_{ср} = \frac{P}{i\pi d^2/4} \le [\tau'_{ср}],$$

где d — диаметр пробки; i — число пробок в соединении.

Расчет прочности соединения, на которое действует изгибающий момент. При расчете прочности соединения (рис. 8.32), осуществленного стыковым швом, находящимся под действием изгибающего момента $M_и$ и продольной силы P, условие прочности

$$\sigma = \frac{M_и}{W} + \frac{P}{F} \le [\sigma'_р],$$

где

$$W = \frac{sh^2}{6} \quad \text{и} \quad F = hs.$$

При расчете прочности соединения (рис. 8.33, *а*), осуществленного угловым швом, находящимся под действием изгибающего момента $M_и$ и продольной силы P, расчетные касательные напряжения в шве

$$\tau = \frac{M_и}{W_с} + \frac{P}{F_с} \le [\tau'_{ср}],$$

где

$$W_с = \frac{0{,}7Kh^2}{6}; \quad F_с = 0{,}7Kh.$$

При расчете прочности соединений (рис. 8.33, *б*), состоящих из нескольких швов и работающих на изгиб, принимают (для приведенного графически случая), что изгибающий момент $M_и$ уравновешивается парой сил в горизонтальных швах и моментом защемления вертикального шва:

$$M_и = \tau 0{,}7Kl(h+K) + \frac{\tau 0{,}7Kh^2}{6},$$

Рис. 8.32. Стыковое соединение под действием ижгибающего момента

откуда

$$\tau = \frac{M_и}{\tau 0{,}7Kl(h+K) + \frac{\tau 0{,}7Kh^2}{6}} \le [\tau'_{ср}].$$

Если момент $M_и$ и допускаемое напряжение τ заданы, то из полученного уравнения следует определить l и K, задавшись остальными геометрическими параметрами.

Допускаемые напряжения (табл. 8.87) для сварных швов принимают в зависимости:

а) от допускаемых напряжений, принятых для основного металла;

б) от характера действующих нагрузок.

В конструкциях, подвергающихся воздействию переменных или знакопеременных нагрузок, допускаемые напряжения для основного металла понижают, умножая на коэффициент:

$$\nu = \frac{0{,}8}{1{,}2 - 0{,}8\frac{\sigma_{miИ}}{\sigma_{max}}} \le 1,$$

где $\sigma_{miИ}$ и σ_{max} — соответственно минимальное и максимальное напряжения, взятые каждое со своим знаком.

Таблица 8.87

Допускаемые напряжения для сварных швов в машиностроительных конструкциях при постоянной нагрузке

Сварка	Для стыковых соединений		При срезе $[\tau'_{ср}]$
	при растяжении $[\sigma'_р]$	при сжатии $[\sigma'_{сж}]$	
Ручная электродами:			
Э42……	$0{,}9\,[\sigma_р]$	$[\sigma_р]$	$0{,}6\,[\sigma_р]$
Э42А…….	$[\sigma_р]$	$[\sigma_р]$	$0{,}65\,[\sigma_р]$
$[\sigma_р]$ — допускаемое напряжение при растяжении для основного металла.			

Рис. 8.33. Угловое соединение под действием ижгибающего момента и продольной силы

8.k. МАЯНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

8.k.1. Оловянно-свин¡овые мримои

Наиболее широкое применение во всех отраслях промышленности имеют оловянно-свинцовые припои, применяемые для лужения и пайки деталей.

Припои в чушках — по ГОСТ 2193О, припои в изделиях — в виде круглой проволоки, ленты, трехгранных, круглых и квадратных прутков, круглых трубок, заполненных флюсом, порошка — по ГОСТ 21931.

Взависимостиотхимическогосоставаоловянно-свинцовые припои изготовляют следующих марок:

бессурьмянистые — ПОС 9О, ПОС 61, ПОС 4О, ПОС 3О, ПОС 1О, ПОС 61М, ПОСК 5О-18, ПОСК 2-18;

малосурьмянистые — ПОССу 61-О,5, ПОССу 5О-О,5, ПОССу 4О-О,5, ПОССу 35-О,5, ПОССу 3О-О,5, ПОССу 25-О,5, ПОССу 18-О,5;

сурьмянистые — ПОССу 95-5, ПОССу 4О-2, ПОССу 35-2, ПОССу 3О-2, ПОССу 25-2, ПОССу 18-2, ПОССу 15-2, ПОССу 1О-2, ПОССу 8-3, ПОССу 5-1, ПОССу 4-6, ПОССу 4-4.

Пример обозначения. Припой в чушках марки ПОС 4О:

Мрипой Ч МОС 40 ГОСТ 21930.

Пример условного обозначения. Припой в виде проволоки круглого сечения диаметром 2 мм марки ПОССу 61-О,5:

Мрипой Мрв КР2 МОССу 61-0,5 ГОСТ 21931.

Сортамент припоя в изделиях:

диаметр проволоки О,4; О,5; О,6; О,8; 1,О; 1,2; 1,5; 1,8; 2,О мм;

прутки круглые: 8; 1О; 12; 15 мм;

прутки трехгранные (размер сторон): 1О; 12; 14; 16 мм;

прутки квадратные (размер сторон): 5; 7; 9; 11; 13; 15 мм (длина прутков 4ОО мм);

ленты толщиной О,8 и 1,О мм при ширине 8—1О мм; толщиной 1,5; 2,О; 2,5; 3; 4; 5 мм при ширине 5—1О и 15 мм;

трубки с наружным диаметром 1,О; 1,5; 2,О; 2,5; 3; 4; 5 мм.

Длина проволоки и трубки — не менее 2О м, ленты — не менее 1О м.

Условное обозначение припоя содержит следующие сокращения:

наименования профильного сортамента: проволока — Прв; пруток — Пт; лента — Л; трубка — Т; порошок — Пор;

формы сечения: круглая — КР; квадратная — КВ; трехгранная — ТРГ.

Вместо отсутствующего показателя ставят знак «Х».

Таблица 8.88

Физико-механические свойства припоев

Марка припоя	Температура плавления, °С		Плотность, кг/м^3 × 1О^3	Удельное сопротивление, Ом×мм^2/м	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринеллю, НВ
	Сулидус	Ликвидус					
ПОС 9О	183	22О	7,6	О,12О		4О	15,4
ПОС 61	183	19О	8,5	О,139	49	46	14,О
ПОС 4О	183	238	9,3	О,159	43	52	12,5
ПОС 1О	268	299	1О,8	О,2ОО	38	44	12,5
ПОС 61М	183	192	8,5	О,143	32	4О	14,9
ПОСК 5О-18	142	145	8,8	О,133	45	4О	14,О
ПОССу 61-О,5	183	189	8,5	О,14О	4О	35	13,5
ПОССу 5О-О,5	183	216	8,9	О,149	45	62	13,2
ПОССу 4О-О,5	183	235	9,3	О,169	38	5О	13,О
ПОССу 35-О,5	183	245	9,5	О,172	4О	47	13,3
ПОССу 3О-О,5	183	255	8,7	О,179	38	45	13,2
ПОССу 25-О,5	183	266	1О,О	О,182	36	45	13,6
ПОССу 18-О,5	183	277	1О,2	О,198	36	5О	—
ПОССу 95-5	234	24О	7,3	О,145	36	46	18,О
ПОССу 4О-2	185	229	9,2	О,172	4О	48	14,2
ПОССу 35-2	185	243	9,4	О,179	43	4О	—
ПОССу 3О-2	185	25О	9,6	О,182	4О	4О	—
ПОССу 25-2	185	26О	9,8	О,185	4О	35	—
ПОССу 18-2	186	27О	1О,1	О,2О6	38	35	11,7
ПОССу 15-2	184	275	1О,3	О,2О8	36	35	12,О
ПОССу 1О-2	268	285	1О,7	О,2О8	36	3О	1О,8
ПОССу 8-3	24О	29О	1О,5	О,2О7	35	43	12,8
ПОССу 5-1	275	3О8	11,2	О,2ОО	4О	4О	1О,7
ПОССу 4-6	244	27О	1О,7	О,2О8	33	15	17,3
					65		

Таблица 8.89

Области преимущественного применения оловянно-свинцовых припоев

Марка припоя	Область применения
ПОС 9О	Лужение и пайка внутренних швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры.
ПОС 61	Лужение и пайка электро- и радиоаппаратуры точных приборов с высокогерметичными швами, где недопустим перегрев.
ПОС 4О	Лужение и пайка электроаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами.
ПОС 1О	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле, для заливки и лужения контрольных пробок топок паровозов.
ПОС 61М	Лужение и пайка электропаяльниками тонких (толщиной менее О,2 мм) медных проволок, фольги, печатных проводников в кабельной, электро- и радиоэлектронной промышленности. Применение припоя при лужении и пайке в тиглях и ваннах на допускается.
ПОСК 5О-18	Пайка деталей, чувствительных к перегреву, металлизированной керамики, для ступенчатой пайки конденсаторов.
ПОССу 61-О,5	Лужение и пайка электроаппаратуры, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к температуре.
ПОССу 5О-О,5	Лужение и пайка авиационных радиаторов, пайка пищевой посуды с последующим лужением пищевым оловом.
ПОССу 4О-О,5	Лужение и пайка жести, пайка монтажных элементов, радиаторных трубок, оцинкованных деталей холодильных агрегатов.
ПОССу 35-О,5	Лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек электротехнических изделий неответственного назначения, тонколистовой упаковки.
ПОССу 3О-О,5	Лужение и пайка листового цинка, радиаторов.
ПОССу 25-О,5	Лужение и пайка радиаторов.
ПОССу 18-О,5	Лужение и пайка трубок теплообменников.
ПОССу 95-5	Пайка в электропромышленности, пайка трубопроводов, работающих при повышенных температурах.
ПОССу 4О-2	Лужение и пайка холодильных устройств, тонколистовой упаковки. Припой широкого назначения.
ПОССу 3О-2	Для лужения и пайки в холодильном аппаратостроении, автомобилестроении, для абразивной пайки.
ПОССу 18-2	Пайка в автомобилестроении.
ПОССу 5-1	Лужение и пайка деталей, работающих при повышенных температурах.
ПОССу 4-6	Пайка белой жести, лужение и пайка деталей с закатанными и клепаными швами из латуни и меди.
ПОССу 4-4	Лужение и пайка в автомобилестроении.
ПОСК 2-18	Лужение и пайка металлизированных и керамических деталей.
Примечание. Малосурьмянистые припои рекомендуются для пайки цинковых и оцинкованных деталей.	

8.k.k. Серебр ные мримои

Таблица 8.90

Марки серебряных припоев и их назначение

Марка припоя	Примерное назначение
ПСр 72; ПСр 71; ПСр 62; ПСр 5ОКд; ПСр 5О; ПСр 45; ПСр 4О; ПСр 37,5; ПСр 25; ПСр 15; ПСр 1О; ПСр 2,5 ПСр 72; ПСр 62; ПСр 4О; ПСр 25; ПСр 12М	Лужение и пайка меди, медных и медно-никелевых сплавов, никеля, ковара, нейзильбера, латуней и бронз. Пайка стали с медью, никелем, медными и медно-никелевыми сплавами.
ПСрМО 68-27-5; ПСр 7О; ПСр 5О	Пайка титана и титановых сплавов с нержавеющей сталью.
ПСр 37,5	Пайка меди и медных сплавов с жаропрочными сплавами и нержавеющими сталями.
ПСр 4О	Пайка меди и латуни с коваром, никелем, с нержавеющими сталями и жаропрочными сплавами, пайка свинцово-оловянистых бронз.
ПСр 71; ПСр 25Ф; ПСр 15	Самофлюсующиеся припои для пайки меди с бронзой, меди с медью, бронзы с бронзой.
ПСр 3Кд	Пайка меди, медных сплавов и сталей по свеженанесенному медному гальваническому покрытию не менее 1О мкм.
ПСрМО 68-27-5; ПСрКдМ 5О-34-6;ПСрМЦКд 45-15-16-24; ПСр 3; ПСр 2,5	Пайка и лужение цветных металлов и сталей.
ПСр 1	Пайка и лужение серебряных деталей.

О б о з н а ч е н и я: П — припой; Ср — серебро; М — медь; О — олово. Числа означают соответственно процентное содержание этих элементов.

Таблица 8.91

Температура плавления и плотность серебряных припоев

Марка припоя	Плотность, кг/м³ × 10³	Критическая точка температуры плавления, °С		Марка припоя	Плотность, кг/м³ × 10³	Критическая точка температуры плавления, °С	
		верхняя	нижняя			верхняя	нижняя
ПСр 72	10,0	779	779	ПСр 25	8,7	775	740
ПСр 71	9,8	795	654	ПСр 25Ф	8,3	725	645
ПСр 70	9,8	770	715	ПСр 15	8,5	810	640
ПСр 65	9,45	722	695	ПСр 12М	8,3	830	793
ПСр 62	9,6	723	650	ПСр 10	8,4	850	822
ПСр 50	9,3	860	770	ПСр 3	11,4	315	304
ПСр 50Кд	9,25	640	625	ПСр 3Кд	8,7	342	314
ПСр 45	9,1	730	665	ПСр 2,5	11,0	300	295
ПСр 40	9,25	610	590	ПСр 2,5С	11,3	306	304
ПСр 37,5	8,9	810	725	ПСр 1	9,4	235	225

Сортамент серебряных припоев. Проволоку круглую (по ГОСТ 19746) изготовляют следующих диаметров: 0,15; 0,20; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 5,0; 6,0 мм.

Пример обозначения проволоки из серебряного припоя марки ПСр 50 диаметром 0,25 мм:

Мроволока МСр 50 0,25
ГОСТ 19746

Полосы (по ГОСТ 19739) изготовляют: толщиной 0,10; 0,12; 0,15; 0,20; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0 мм; шириной 50; 100; 150; 200 мм; длиной 100; 150; 200; 300; 400 мм.

Пример обозначения полосы из серебряного припоя марки ПСр 50 толщиной 0,8 мм, шириной 200 мм, длиной 400 мм:

Молоса МСр 50 0,8×200×400
ГОСТ 19739

8.k.3. Медно-¡инковые мримои (ГОСТ k313Z)

Таблица 8.92

Марки и химический состав[1] медно-цинковых припоев

Припой	Марка	Основные компоненты		Примерное назначение — пайка
		Медь	Цинк	
Медно-цинковый 36	ПМЦ 36	34—38	Остальное	Латуни, содержащей до 68 % меди.
Медно-цинковый 48	ПМЦ 48	46—50	»	Медных сплавов, содержащих меди свыше 68 %.
Медно-цинковый 54	ПМЦ 54	52—56	»	Меди, томпака, бронзы и стали.

Таблица 8.93

Механические и ôизические свойства медно-цинковых припоев

Марка	Температура плавления, °С		Плотность, кг/м³ × 10³	Коэффициент линейного расширения, α × 10⁻⁶ °С	Удельное сопротивление, Ом×мм²/м	Предел прочности при растяжении, МПа (кгс/мм²)	Относительное удлинение, %	Твердость, НВ
	Ликвидус	Солидус						
ПМЦ 36	825	800	7,7	22	10,3	Хрупкий	—	—
ПМЦ 48	865	850	8,2	21	4,5	205,8 (21)	3	130
ПМЦ 54	880	876	8,3	21	4,0	343 (35)	20	128

[1] Примеси, не более: 0,1 % Fe; 0,5 % Pb.

8.k.4. Основные тимы и мараметры ма ных соединенинй

Таблица 8.94

Типы паяных соединений и их обозначения (ГОСТ 19249)

Тип паяного соединения	Форма поперечного сечения соединения	Условное обозначение соединения	Тип паяного соединения	Форма поперечного сечения соединения	Условное обозначение соединения
Нахлесточный		ПН-1 ПН-2 ПН-3	Тавровый		ПТ-3 ПТ-4
Телескопический		ПН-4 ПН-5 ПН-6	Угловой		ПУ-1 ПУ-2 ПУ-3
Стыковой		ПВ-1 ПВ-2	Соприкосающийся		ПС-1 ПС-2 ПС-3 ПС-4
Косостыковой		ПВ-3 ПВ-4			
Тавровый		ПТ-1 ПТ-2			

П р и м е ч а н и е. Тип паяного соединения определяется взаимным расположением и формой паяемых деталей в месте соединения.

Таблица 8.95

Конструктивные алементы паяных швов и их обозначения

Тип соединения	Конструктивные элементы паяных швов	Наименование конструктивных элементов	Обозначение конструктивных элементов
Нахлесточный телескопический		Толщина основного материала Толщина шва Ширина шва	*s* *a* *b*
Стыковой		Толщина основного материала Толщина шва Ширина шва	*s* *a* *b*
Косостыковой		Толщина основного материала Толщина шва Ширина шва Угол скоса	*s* *a* *b* α
Тавровый		Толщина основного материала Толщина шва Ширина шва	*s* *a* *b*
Угловой		Толщина основного материала Толщина шва Ширина шва Угол соединения деталей Угол скоса	*s* *a* *b* β α
Соприкасающийся		Толщина основного материала Радиус кривизны паяемой детали Ширина шва	**s** *R* *b*

Таблица 8.96

Сборочные зазоры для наиболее распространенных сочетаний «паяемый материал — припой», мм

Припой	Паяемый материал				
	Медь	Медные сплавы	Сталь углеродистая и низколегированная	Сталь коррозионностойкая	Алюминий и алюминиевые сплавы
Оловянно-свинцовый	0,07—0,20	0,07—0,20	0,05—0,50	0,20—0,75	0,05—0,15
Медный	—	0,04—0,20	0,001—0,05	0,01—0,10	—
Медно-цинковый	0,04—0,20	0,04—0,20	0,05—0,25	0,02—0,12	—
Серебряный	0,04—0,25	0,04—0,25	0,02—0,15	0,05—0,10	—
Алюминиевый	—	—	—	—	0,12—0,25
Цинковый	—	—	—	—	0,10—0,25

Конструктивными элементами паяного шва являются: капиллярный участок шва и галтель (галтели).

Основными параметрами конструктивных элементов паяного шва являются толщина, ширина и длина капиллярного участка шва.

Толщина шва — расстояние между поверхностями соединенных деталей. Это расстояние эквивалентно величине паяльного зазора.

Ширина шва — протяженность капиллярного участка шва в сечении, характеризующем тип паяного соединения (характерном сечении). В соединениях внахлестку и телескопическом ширина шва равна величине нахлестки.

Длина шва — протяженность паяного шва вдоль его оси, перпендикулярной плоскости характерного сечения.

Толщина шва *a* определяется величиной сборочного зазора и физико-химическими свойствами паяемого материала и припоя. Величины сборочных зазоров для наиболее распространенных сочетаний «паяемый материал — припой» приведены в табл. 8.96.

Величина нахлестки определяется механическими свойствами паяемого материала, паяного шва и требованиями, предъявляемыми к конструкции.

Толщина паяемого материала *s* устанавливается при проектировании паяной конструкции.

8.k. . Мределы мроuности на срез ма ных соединениѝ

Примеры пределов прочности на среж паяных соединений металлов приведены в табл. 8.97 и 8.98.

Таблица 8.97

Значения предела прочности на срез соединений оловянно-свинцовым припоем ПОС 40

Основной металл	Пределы прочности в МПа при температуре, °С					
	– 196	– 183	– 96	– 60	+ 20	+85
Сталь 20	60	55	55	51	28	22
12Х18Н9Т	30	34	30	50	32	20
Медь М3	35	33	34	35	27	16
Латунь Л63	29	29	31	27	22	22

Таблица 8.98

Значения предела прочности на срез соединений серебряными припоями

Основной металл	Предел прочности, МПа		
	ПСр 40	ПСр 45	ПСр 25

12Х18Н9Т 40ХНМА 30ХГСА Медь	240—290 330—460 350—460	180—260 — 350—410 250	190—240 — 350—430

8.k.6. Домускаемые намряхения в маяных соединениях

Допускаемые напряжения в паяных соединениях зависят от многих факторов: свойств основного материала, припоев, технологического процесса, вида соединения, толщины шва, рода силовых нагрузок, температурного режима эксплуатации, среды работы конструкции. Надежным и приемлемым методом определения допускаемых напряжений в паяных соединениях является испытание образцов при параметрах и условиях, близких к производственным.

Для паяных соединений встык рекомендуется испытание до момента разрушения. В таком случае разрушающее напряжение

$$\sigma_д = \frac{P}{F},$$

где P — разрушающее усилие; F — площадь поперечного сечения испытуемого образца.

Допускаемое напряжение при пайке может быть определено в зависимости от величины разрушающего напряжения и коэффициента запаса прочности K, который рекомендуется брать равным 2,5—3,О при статических напряжениях.

Для паяных соединений внахлестку испытания проводят на образцах, имеющих толщины, равные принятым в конструкциях при длине нахлестки 2,5s. Разрушающее напряжение

$$\tau = \frac{P}{b \cdot 2{,}5s},$$

где b — ширина образца; s — толщина образца.

Коэффициент запаса прочности такой же, как при испытании соединения встык.

Для телескопических паяных соединений целесообразно производить испытание на образцах аналогич-

оказывает температура эксплуатационного режима

8.3. КЛЕЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Склеивание применяют для соединения однородных и разнородных материалов, преимущественно для соединения слабонагруженных деталей, деталей из листового материала, гнутых профилей, труб и пр. Для большинства соединений необходимы нагрев и сжатие склеиваемых деталей.

Для склеивания деталей требуется их механическая и химическая подготовка. Механическую подготовку металлических деталей производят на металлорежущих станках или напильником, сложные поверхности подвергают пескоструйной обработке. При склеивании металлов следует избегать очень шероховатых поверхностей, чтобы исключить попадание воздушных пузырьков в углубления поверхностей, что может привести к возникновению внутренних напряжений. Резиновые детали зачищают наждачной шкуркой. Пластмассовые детали обрабатывают резанием или зачищают шкуркой. Детали из стекла, фарфора перед склеиванием не подвергают механической обработке.

Химическая подготовка заключается в обезжиривании склеиваемых поверхностей ацетоном, спиртом, бензином или бензолом.

Существенное значение имеет выбор толщины клеевого шва: О,1—О,2 мм для клея ПЭФ-2/1О; О,О5—О,25 мм для клея БФ-2 и БФ-4 при двустороннем двухслойном нанесении на металлическую поверхность и однослойном — на пластмассовую поверхность. С применением швов толщиной более О,5 мм значительно снижается прочность соединения.

Наибольшее влияние на прочность соединения

ных конструкций. Разрушающее напряжение

$$\tau = \frac{P}{F},$$

где F —площадь шва в телескопическом соединении. Коэффициент запаса прочности принимать, как при испытании соединения встык.

(табл. 8.99). Клеи и их физико-механические свойства приведены в табл. 8.1ОО.

Таблица 8.99

Предел прочности клеевого соединения при отрыве при кратковременном нагружении

Марка клея	$\sigma_{отр}$ в МПа при температуре, °С					
	– 6О	2О	6О	1ОО	2ОО	3ОО
БФ-4	7	15	9	5	1,5	—
ПЭФ-2/1О	—	2О	16	1О	6	2,5

Клеи марок БФ-2, БФ-4, ПЭФ-2/1О, ВС-1ОТ вибростойки.

Клей марки БФ-2 по сравнению с клеем марки БФ-4 соответственно обладает большей термостойкостью, но меньшей эластичностью.

Теплостойкий клей ВС-1ОТ работает без снижения прочности клеевого шва при 2ОО °С в течение 2ОО ч и при 3ОО °С — 5 ч с учетом термостойкости склеиваемых материалов.

Клей ПЭФ-2/1О устойчив к воздействию топлива и масел, допускает применение при вибрации или воз- вратно-поступательном перемещении одной поверхно- сти относительно другой, употребляется для горячего и холодного склеивания.

Неконструкционные клеи применяют для соедине- ния ненагруженных деталей, конструкционные — для прочностных соединений.

—

Таблица 8.100

Конструкционные и неконструкционные клеи

Показатели	БФ-2	БФ-4	БФ-2Н	БФ-6	ВС-1ОТ по ГОСТ 22345	ПЭФ-2/1О по ТУ 6-05-16-40—75	Циакриновый ЭПЗ-2
	по ГОСТ 12172						
Склеиваемые материалы	Цветные металлы, нержавеющие стали; эти металлы с неметаллами; пластмассой, деревом, фиброй, кожей, тканями		Черные металлы	Ткани, войлок, резина между собой и с металлами	Стали, дюралюминий, теплостойкие пенопласты, стеклотекстолиты между собой и в сочетании друг с другом. Фрикционные накладки к тормозным колодкам	Металлы с металлами, резиной, пластмассой, органическим стеклом, текстолитом, кожей	Металлы с металлами, дюралюминий с кожей и резиной, сталь с пробкой, резина с резиной, дерево с резиной и брезентом
Температура эксплуатации клея	От – 60 до + 80 °С	От – 60 до + 60 °С	От – 60 до + 80 °С	—	200 °С в течение 200 ч	—	От – 50 до + 50 °С
Предел прочности клеевого соединения при сдвиге, МПа, не менее: при 20 °С при 60 °С при 80 °С при 150—200 °С	19,6 — 9,8 —	19,6 9,8 — —	19,6 — 8,9 —	Не определяется	Стали 30ХГСА 18,5 при 20 °С 6,4 при 200 °С 4,5 при 300 °С	20 16 10 при 100 °С 6 при 200 °С 2,5 при 300 °С	9 — — —
Коррозионная активность на образцах: алюминиевых стальных	Отсутствие Не определяется		Не определяется Отсутствие	Не определяется	Отсутствие Отсутствие	— —	Отсутствие Отсутствие
Стойкость к воздействию агрессивных сред: масло, бензин, керосин, вода спирт, ацетон кислота щелочь	Стоек Ограниченно стоек Стоек Ограниченно стоек		—	Стоек Ограниченно стоек	Стоек —	—	Стоек — Стоек Стоек
Внешний вид	Прозрачная или слегка мутная жидкость от светло-желтого до красноватого цвета						—

* При длительном воздействии воды прочность снижается на 45 %.

Конструктивные элементы склеиваемых деталей

В прочностных клеевых конструкциях наиболее распространены соединения внахлестку и встык. Примеры конструктивных элементов склеиваемых деталей приведены на рис. 8.34—8.36.

Клеевые соединения лучше выдерживают сдвиг и хуже — неравномерный отрыв. Когда клеевые соединения подвергаются неравномерному отрыву, отдиранию, для надежности, большей долговечности и увеличения силовой нагрузки следует предусматривать усилия, например, приклеивание накладок, приклепывание и точечную сварку.

Техника безопасности. Фенолополивинилацетальные клеи (БФ-2, БФ-4, БФ-2Н, БФ-6) — горючая невзрывоопасная жидкость. Из клеев этих марок возможно выделение фенола, формальдегида, аммиака, масляного альдегида.

Для предотвращения вредного воздействия веществ, выделяющихся при повышенной температуре из клеев, помещения необходимо оснастить приточно-вытяжной вентиляцией.

Рис. 8.34. Типы клеевых соединений

Рис. 8.35. Клеевые угловые соединения прочностью: а — неудовлетворительной; 6 — удовлетворительной

Рис. 8.36. Клеевые соединения труб: а — стыковое металлической и пластмассовой труб на ус; 6 — нахлесточное труб ражного диаметра; в — стыковое ступенчатым клеевым швом; г — стыковое пластмассовых труб посредством металлической муфты

ГЛАВА 9

МОКРЫТИЯ

9.1. МЕТАЛЛИ ЕСКИЕ МОКРЫТИЯ

Покрытия наносят на ижделия иж ражличных материалов для жащиты от коррожии, придания ижделиям декоративного вида, сождания специальных поверхностных свойств (электропроводимости, теплопроводности, электроижоляционных магнитных и немагнитных свойств, светоотражающей или светопоглощающей способности, ижносостойкости и др.). Покрытия могут быть металлическими и неметаллическими неорганическими (оксидные, фосфатные, фторидные и др.), пластмассовыми, режиновыми, лакокрасочными.

Таблица 9.1

Обозначение способов нанесения покрытий

Способ получения покрытия	Обозначение	Способ получения покрытия	Обозначение
Катодное восстановление	—	Металлизационный	Мет
Химический	Хим	Конденсационный	Кон
Анодное окисление	Ан	Контактный	Кт
Горячий	Гор	Вжигание	Вж
Диффузионный	Диф	Катодное распыление	Кр

Таблица 9.2

Обозначение металлических покрытий

Материал покрытия	Обозначение*	Материал покрытия	Обозначение*
Железо	Ж	Серебро	Ср
Золото	Зл	Серебро–сурьма	Ср–Су
Золото–серебро	Зл–Ср	Серебро–палладий	Ср–Пд
Золото–сурьма	Зл–Су	Хром	Х
Индий	Идин	Цинк	Ц
Кадмий	Кд	Платина	Пл
Кобальт	Ко	Палладий	Пд
Медь	М	Родий	Рд
Медь–олово	М–О	Рутений	Ру
Медь–олово-цинк*	М–О–Ц	Свиней	С
Медь–цинк	М–Ц	Титан	Ти
Никель	Н	Никель–вольфрам	Н–В
Никель–кобальт–фосфор	Н–Ко–Ф	Цинк–никель	Ц–Н
Олово	О	Оксиды	Окс
Олово–висмут	О–Ви	Фосфаты	Фос
Олово–кобальт	О–Ко	Алюминий	А
Олово–свинец	О–С	Золото–платина	Зл–Пл
Олово–цинк	О–Ц	Алюминий–цинк	А–Ц
Олово–никель	О–Н	Рений	Ре

* В обозначение покрытий, состоящих из сплава, включается максимальное процентное содержание первого или первого и второго компонентов сплава (в случае трехкомпонентного сплава). Например, медно-оловянно-свинцовое покрытие с массовой долей меди 7О–78 %; олова 1О–18 % и свинца 4–2О % обозначают М–О–С (78; 18).

Таблица 9.3

Обозначение признаков, характеризующих ôизико-механические свойства покрытий

Признак покрытия	Обозначение
Твердое	тв
Электропроводное	э
Электроизоляционное	эиз

Таблица 9.4

Обозначение видов дополнительной обработки покрытий

Вид дополнительной обработки покрытия	Обозначение	Вид дополнительной обработки покрытия	Обозначение
Фосфатирование	фос	Гидрофобизирование	гфз
Хроматирование	хр	Пропитка маслом	прм
Оксидирование	окс	Наполнение в воде	нв

Оплавление Пропитка	опл прп	Нанесение лакокрасочного покрытия	лкп

Таблица 9.5

Особенности контакта между металлами и неорганическими покрытиями в различных условиях аксплуатации

Соединяемые металлы и покрытия	Золото, платина, палладий, родий	Серебро	Хромоникелевые стали	Хром	Медь и ее сплавы	Никель	Олово и его сплавы	Свинец и его сплавы	Титан и его сплавы	Стали			Алюминий и его сплавы оксидированные	Цинк и цинковые покрытия		Магний и его сплавы оксидированные
										хромистые	углеродистые	кадмий		хроматированные	фосфатированные	
	Условия эксплуатации*															
	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож
Олово и его сплавы	OO11	OO11	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	O222	OO11	OO11	OO11	0000	2222
Свинец и его сплавы	O222	O222	OO11	OO11	OO11	OO11	0000	0000	0000	OO11	O222	OO11	O111	OO11	0000	2222
Титан и его сплавы	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	O222	1122	1122	1122	OO11	2222
Хромистые стали	0000	0000	0000	0000	OO11	0000	0000	0000	0000	0000	O222	O222	O111	O111	O222	2222
Стали углеродистые низколегированные	1222	1222	O222	O222	O222	O222	O222	O222	O222	O222	0000	O222	O222	1222	OO22	2222
Кадмий и кадмиевые покрытия хроматированные	2222	2222	O222	O222	1222	O222	OO11	OO11	1122	O222	O222	0000	0000	0000	0000	2222
Алюминий и его сплавы оксидированные	2222	2222	O222	OO11	1222	O222	OO11	O111	1122	O111	O222	0000	0000	0000	0000	2222
Цинк и цинковые покрытия: хроматированные фосфатированные	2222 2222	2222 2222	1222 1222	O222 O122	2222 OO11	O222 OO11	OO11 0000	OO11 0000	1122 OO11	O222 O222	1222 OO22	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0000	2222 2222
Магний и его сплавы оксидированные	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	0000

Обозначения: О — при соприкосновении коррозии не происходит; 1 — при соприкосновении возможна незначительная коррозия; 2 — при соприкосновении возникает сильная коррозия.

* Условия эксплуатации: л — легкие; с — средние; ж — жесткие; ож — очень жесткие.

Таблица 9.6

Свойства и назначение металлических покрытий

Покрытие	Способ получения	Свойства покрытий	Назначение
Цинковое	Диф, Мет, Гор, катодное восстановление	45–5ОНВ; интервал рабочих температур –7О–25О °С; обладают хорошим сцеплением с деталью; хорошо работают на изгиб; низкая износостойкость	Защита от коррозии стали, чугуна, меди и ее сплавов
Кадмиевое	Катодное восстановление	12–4О НВ; интервал рабочих температур ±6О °С; обладают высокой пластичностью, хорошо паяются, выдерживают изгиб, развальцовку, вытяжку, хорошо притираются, устойчивы в морской среде, щелочных растворах, неустойчивы в среде сернистых газов, масел, бензина	Защита от коррозии, в том числе в морских условиях; для обеспечения притирочных свойств деталям при сборке
Никелевое	Хим, катодное восстановление	15О–6ОО НВ; легко полируются; коррозионно-стойкие при температурах до + 65О °С	Защита от коррозии пружин, корпусов и других деталей; декоративная отделка; придание поверхностной твердости, получение светоотражающей или светопоглощающей (черный никель) поверхности. Придание магнитных свойств (Н-Ко)
Хромовое	Диф, катодное восстановление	75О–11О НВ; химически стойкие, за исключением среды соляной кислоты, галогеноводородных соединений, устойчивы в условиях тропического климата	Защита от коррозии, декоративная отделка, увеличение твердости деталей, работающих на трение; получение светопоглощающей (черной) или светоотражающей поверхности
Медное	Хим, Мет, Вж, катодное восстановление	6О–15О НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1{,}682\times10^{-6}$ Ом×см; обладают высокой прочностью сцепления, эластичностью, выдерживают глубокую вытяжку, развальцовку, хорошо паяются, полируются, быстро окисляются	Обеспечение способности к пайке, электропроводимости, экранирование от магнитного потока
Оловянное и его сплавами	Хим, Гор, Мет, катодное восстановление	15–2О НВ; эластичны; устойчивы к сероводороду, органическим кислотам, воздействию тропического климата; выдерживают изгибы, вытяжку, развальцовку	Защита при азотировании, гуммировании, защита от коррозии, обеспечение способности к пайке (О-Вп); декоративная отделка (О-Н)
Серебряное и его сплавами	Хим, Вж, катодное восстановление	5О–15О НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1{,}5\times10^{-6}$ Ом×см; отражательная способность свежего покрытия 9О–95 %; хорошо паяются; износостойкость пониженная; у сплавов Ср-Су твердость до 22 НВ; тускнеют и темнеют в атмосфере серы, хлора, аммиака	Улучшение электропроводимости, износостойкости (Ср-Су, Ср-П); обеспечение отражательной способности
Золотом и его сплавами	Хим, катодное восстановление	4О–1ОО НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $2{,}213\times10^{-6}$ Ом×см; обладают высокой теплопроводностью, хорошо обеспечивают сварку. Сплавы Зл-Ср, Зл-Н, Зл-К износостойки и обладают твердостью НВ до 2ОО	Снижение переходного сопротивления контактов; повышение их износостойкости
Палладиевое	То же	2ОО–35О НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1{,}8\times10^{-6}$ Ом×см; в контакте с пластмассами на покрытии образуются темные пленки, увеличивающие переходное сопротивление	Обеспечение электропроводимости, снижение износостойкости контактов
Родиевое	»	4ОО–8ОО НВ; отражательная способность 73–75 %; покрытия стойки к кислотам, щелочам	Повышение электропроводимости, износостойкости, отражательной способности

9.k. НЕОРГАНИ ЕСКИЕ МЛАСТМАССОВЫЕ, РЕЗИНОВЫЕ И ЛАКОКРАСО НЫЕ МОКРЫТИЯ

Таблица 9.7

Свойства и назначение неорганических неметаллических покрытий

Покрытие	Материал деталей	Свойства	Назначение
Оксидное	Сталь, медь и ее сплавы, магниевые сплавы	Защитные свойства невысокие, повышаются при обработке покрытий маслами, лаками, гидрофобизирующими жидкостями	Межоперационное хранение; декоративная отделка и защита от коррозии (медь, магний и их сплавы)
Окисно-фторидное; окисно-фосфатное	Алюминий и его сплавы	Обладают эластичностью, хорошей адгезией с металлом; окисно-фосфатное покрытие неэлектропроводно, является хорошим грунтом под окраску	Декоративная отделка и защита от коррозии
Хромат-но-фторид-ное	То же	Обладают токопроводящими свойствами, стабильностью переходного сопротивления, являются хорошим грунтом под окраску, механически непрочны	Обеспечение стабильного переходного сопротивления
Фосфатное	Стали	Обладают высоким электрическим сопротивлением, термостойкостью до + 3ОО °С, не подвергаются пайке и сварке; защитные способности появляются после дополнительной обработки маслами, лаками	Защита от коррозии, создание непроводящего поверхностного слоя
Пассивное	Стали, медь и ее сплавы	Для повышения коррозионной стойкости применяют дополнительную пропитку маслами, лаками	Защита от коррозии
Оксидное анодизационное	Алюминий и его сплавы; медь и ее сплавы; магниевые сплавы; титан и его сплавы	Твердость покрытия на алюминии и его сплавах 28–44 НВ, электроизоляционные покрытия имеют пробивное напряжение до 6ОО В; электрическая прочность возрастает при пропитке покрытия лаками; эматалевые пленки на алюминии и окисные на титане обладают износостойкими свойствами	Защита от коррозии, придание электроизоляционных свойств; получение светопоглощающей поверхности (медь), защита от задиров при трении (титан), грунты под окраску

Таблица 9.8

Пластмассовые и резиновые покрытия

Материал	Толщина покрытия, мм	Материал детали				Грунт под покрытие	Температура нагрева, °С, в зависимости от метода нанесения покрытия			σ, %	Рабочая температура, °С	Покрытие стойко в среде					Поверхности детали			
		М	Д	Б	Т		Н	П	СВ			к	щ	о	б	с	в	н	д	т
Полиэтилен ВД	О,1–1	+	+		+	—	—	24О	—	2ОО	–5О÷1ОО	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиэтилен НД	О,1–1	+	+	+		—	28О	—	22О	2ОО	–5О÷1ОО	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиизобутилен ПГС	О,5–2	+	+		+	Клей 88-Н	—	2О	—	2ОО	–4О÷8О	+	+	—	—	+	+	—	—	—
											–3О÷15О	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Полипропилен	О,1–1	+	+	+		—	25О	—	—	2ОО	–3О÷7О	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Винипласт	О,3–1	+		+		ХГС	—	17О	—	15	–3О÷7О	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Поливинилхлоридная паста	О,1–1	+	+		+	—	—	—	16О	1ОО	–2ОО÷25О	+	+	+	+	+	+	+	—	+
														+	+	+	+	+	—	+
Фторопласт-4Д, 4ДП	О,О5	+				—	—	—	37О	75	–1ОО÷12О	+	+	—	+	—	—	+	+	+
											–4О÷12О	+	+							
Фторопласт-3, 3М	О,15	+				—	—	—	33О	75										
Масса на основе поливинилбутираля ПНФ-12, ТПФ-37	О,1–1	+				—	32О	—	24О	5О				—	+	+	+	+	+	+
											–4О÷12О	—	+							
															+	+	+	+	—	—
											–4О÷1ОО	+	+	—						
Капрон; полиамид П-68; полиамид П-АК-7	О,1–1	+				—	26О–3ОО	—	22О	3О										
Эпоксидная смола со стекловолок-	О,5–2	+		+		—	2О	—	—	1О										

ном																			

Продолжение таблицы 9.8

Материал	Толщина покрытия, мм	Материал детали				Грунт под покрытие	Температура нагрева, °С, в зависимости от метода нанесения покрытия			σ, %	Рабочая температура, °С	Покрытие стойко в среде					Поверхности детали			
		М	Д	Б	Т		Н	П	СВ			к	щ	о	б	с	в	н	д	т
Сырая резина на каучуках:												+	+		—			+	—	+
СКБ, СКС	0,5–2	+			+	Клей	—	—	150	200	–40÷90	+	+	—	+	+	+	+	—	+
						лейконат						+	+	+	+	+	+	+	—	—
						То же					–40÷90			+		+	+			
СКН-40	0,5–2	+			+	—	—	—	150	200	–40÷90									
Жидкий найрит	0,5–2	+					20	—	—	200										

Условные обозначения: 1. Знак «+» означает пригодность, знак «—» — непригодность покрытия для данных материалов и условий.

2. Материал детали: М — металл; Д — дерево; Б — бетон; Т — ткань.

3. Метод нанесения покрытия: Н — напыление; П — плакирование; СВ — спекание или вулканизация.

4. Среда: к — кислота; щ — щелочь; о — окислители; б — бензин; с — спирт.

5. Поверхности детали: в — внутренние; и — наружные; д — декоративные; т — трущиеся.

Таблица 9.9

Свойства и назначение грунтовок и шпатлевок

Наименование, марка (ГОСТ, ТУ)	Цвет*	Режим сушки		Свойства и назначение
		температура, °С	длительность	
Грунтовки				
Сополимеры винихлорида: ХС-010 (ГОСТ 9355)	К–К	18–23 60	1 ч 0,5 ч	Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы, под перхлорвиниловые и сополимерные эмали в комплексе химически стойких, атмосферостойких, масло- и бензостойких покрытий. Подготовка поверхности — пескоструйная, дробеструйная обработка, фосфатирование
ХС-059 (ГОСТ 23494)	К-К	18–23	24 ч	Наносят на черные металлы, алюминий и его сплавы под сополимерные и перхлорвиниловые эмали в комплексе химически стойких и атмосферостойких покрытий
Глифталевая ГФ-0119 (ГОСТ 23343)	К-К	18–23 100–110	12 ч 35 мин	Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы под различные эмали; обладают удовлетворительной противокоррозионной стойкостью, маслостойкостью
Фенольно-формальдегидные ФЛ-03К, ФЛ-03Ж (ГОСТ 9109)	К-К	10–23 100–110 175	12 ч 35мин 15 мин	Наносят под различные эмали; обладают повышенной противокоррозионной стойкостью; ФЛ-03К наносят на черные металлы, медь и ее сплавы, припои; ФЛ-03Ж наносят на коррозионностойкие стали, алюминий
Масляные: КФ-030 (МРТУ 10-698—67) ФЛ-086 (ГОСТ 16302)	 Ж Ж	 40 ч 4 ч 5 ч 2 ч		Наносят на алюминий и его сплавы в комплексе атмосферостойких покрытий; КФ-030 под масляные, глифталевые, пентафталевые, меламинные, мочевинные, фенольные, кремнийорганические покрытия; ЛФ-086 под перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные, масляные, глифталевые, пентафталевые, меламинные мочевинные эмали
Алкидно-стирольная МС-015	К-К	18–23	2 ч	Наносят на черные металлы в комплексе с алкидно-стирольными эмалями для покрытий внутри помещений

Продолжение таб. 9.9

Наименование, марка (ГОСТ, ТУ)	Цвет*	Режим сушки		Свойства и назначение
		температура, °С	длительность	
Акриловая АК-07О	Ж	18–23	1 ч	Наносят на оксидированные алюминиевые и магниевые сплавы, на места паек припоями ПОС40; ПОС61 под сополимерные и перхлорвиниловые эмали
Поливинилбутиральные ВЛ-02; ВЛ-08	Ж	18–23	15 мин	Наносят на цветные металлы под перхлорвиниловые, масляные, глифталевые, пентафталевые, а при окраске черных металлов под алкидно-стирольные и поливинилбутиральные эмали в комплексе атмосферостойких и водостойких покрытий
Эпоксидная ЭП-09Т	Ж, К	150	1 ч	Наносят на черные и цветные металлы под эпоксидные, нитроэпоксидные эмали в комплексе атмосферостойких покрытий без воздействия солнечной радиации
Шпатлевки (ГОСТ 10277)				
Перхлорвиниловые: ХВ-005 ХВ-004	С З	18–23 60 18–23	2,5 ч 1 ч 2 ч	Наносят под сополимерные и перхлорвиниловые эмали. При применении других эмалей шпатлевки необходимо перекрыть грунтовкой; ХВ-005 применяют для сплошного и местного шпатлевания; ХВ-004 — только для местного
Пентафталевая ПФ-002	К-К	18–23 или 18–23 затем 80	24 ч 3 ч 1 ч	Применяют для сплошного и местного шпатлевания под различные эмали (перед нанесением нитроцеллюлозных и перхлорвиниловых эмалей шпатлевку следует перекрыть грунтом)
Масляная КФ-003	К, Защ	100	1 ч	Применяют для сплошного и жесткого шпатлевания под масляные и глифталевые и пентафталевые эмали для покрытий, стойких внутри помещения
Нитроцеллюлозная НЦ-007	К-К	18–23	1ч	Применяют для исправления незначительных дефектов под нитроцеллюлозные эмали
Алкидно-стирольная МС-006	Р	18–23	15 мин	Применяют для исправления незначительных дефектов под меламинные, мочевинные, глифталевые, пентафталевые алкидно-стирольные эмали
Эпоксидные: ЭП-001О	К-К	18–23	24 ч	Применяют как самостоятельное химически стойкое покрытие и с перекрытием эпоксидными эмалями, для выправки дефектов глубиной до 2 мм, а с наполнителем — до 5 мм
ЭП-002О	К	18–23	24 ч	Применяют для выправки углублений глубиной до 5 мм; в качестве грунтовки под эпоксидные эмали
* К — красный; К-К — красно-коричневый; Ж — желтый; С — серый; З — зеленый; Р — розовый; Защ — защитный; Ч — черный.				

Таблица 9.10

Условные обозначения групп лакокрасочных материалов по назначению (ГОСТ 9825)

Группа	Обозначение	Группа	Обозначение
Атмосферостойкие	1	Маслобензостойкие	6
Ограниченно атмосферостойкие (под навесом и внутри помещений)	2	Химически стойкие	7
		Термостойкие	8
Водостойкие	4	Электроизоляционные	9
Специальные	5	Консервационные	3

Таблица 9.11

Классификация лакокрасочных материалов по составу пленкообразователя (ГОСТ 9825)

Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение	Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение
Канифольные	КФ	Меламинные	МЛ
Битумные	БТ	Мочевинные	МЧ
Глифталевые	ГФ	Фенолалкидные	ФА
Фенольные	ФЛ	Эпоксидные	ЭП
Полиэфирные ненасыщенные	ПЭ	Эпоксиэфирные	ЭФ
Алкидно- и масляностирольные	МС	Дивинилацетиленовые	ВН
Полиуретановые	УР	Поливинилацетиленовые	ВЛ
Полиакриловые	АК	Масляные	МА
Сополимерно-акриловые	АС	Кремнийорганические	КО
Нитроцеллюлозные	НЦ	Полиамидные	АД
Этилцеллюлозные	ЭЦ	Пентафталевые	ПФ
Перхлорвиниловые	МВ	Фторопластовые	ФП
Сополимерно-винилхлоридные	ХС		

Таблица 9.12

Свойства и назначение лакокрасочных материалов

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
	Пентафталевые ПФ
Кистью, распылением, обливанием, окунанием, в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18–23 °С за 24–28 ч; при 100–110 °С — за 3–4 ч. Покрытия эластичны, устойчивы к механическим воздействиям, атмосферостойки. Имеют хороший глянец. Применяют для окраски приборов и других изделий.
	Глифталевые ГФ
То же	Высыхают при 18–23 °С за 24–36 ч; при 80–100 °С — за 1,5 ч. Характеристики близки к характеристикам пентафталевых, но атмосферостойкость ниже. Применяют для защитной и декоративной окраски приборов и машин.
	Меламиноалкидные МЛ
Распылением пневматическим и в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 110–140 °С за 1–1,5 ч. Обладают высокой твердостью, эластичностью, хорошим глянцем, высокой атмосферостойкостью. Применяют для декоративной окраски приборов и машин.
	Мочевинные Мч
То же, что и для пентафталевых	На древесине высыхают в естественных условиях при добавлении отвердителя (соляная кислота, контакт Петрова); на металлах высыхают при 120–140 °С. Обладают высокой твердостью, зеркальным блеском, бензомаслостойкостью. Применяют для окраски металлических и деревянных изделий.
	Фенольные смолы ФП
Распылением, окунанием, кистью (по фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18–23 °С за 24–30 ч; при 180 °С — за 30 мин. Эластичны с высокой твердостью, атмосферостойки (содержат растительные масла). Применяют для окраски металлических изделий.
	Эпоксидные смолы ЭП
Распылением, кистью (по эпоксидным, фенольным, поливинилацетатным грунтовкам и эпоксидным, перхлорвиниловым шпатлевкам)	Для высыхания добавляют отвердитель (№ 1, АЭ-4). Сушат при 18–23 °С 25 ч или при 120–180 °С в течение 1–2 ч. Обладают высокой твердостью, атмосферостойкостью, бензостойкостью, водостойкостью, стойкостью к воздействию щелочей, длительной теплостойкостью при 200 °С, стойкостью к температурным перепадам –60 — +200 °С, высокими электроизоляционными свойствами. Применяют для окраски металлических изделий.
Распылением, поливом (по порозаполнителю, шпатлевке и без них)	

Продолжение та6л. 9.9

Поли5фиры ненасыщенные Пd	
	Сушка ступенчатая: 18–23 °С 2О мин, затем 6О °С 3О мин. Обладают стойкостью к действию воды и растворителей, нагреву и охлаждению. Применяют для высококачественной окраски деревянных корпусов.

Продолжение табл. 9.12

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
Полиуретановые ГР	
Распылением, окунанием, кистью (по грунтовке УР-О1 или по металлу)	Высыхают при 18–23 °С за 9 ч или при 12О °С за 1,5 ч. Обладают газонепроницаемостью, твердостью, бензостойкостью, эластичностью, стойкостью к истиранию. Применяют для окраски изделий из черных и цветных металлов, анодированного дуралюмина.
Нитроцеллюлозные НЦ	
Распылением (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18–23 °С за 3О мин. Стойки к минеральным маслам, бензину, слабым щелочам. Пожаро- и взрывоопасны. Применяют для окраски изделий из металла и древесины.
Перхлорвиниловые ХВ	
Распылением (по глифталевым, фенольным и перхлорвиниловым грунтовкам)	Высыхают при 18–23 °С за 1–3 ч или при 6О °С за О,5–1 ч. Для окончательного отверждения необходима выдержка при 18–23 °С не менее 7 суток. Обладают атмосферостойкостью, химической стойкостью, бензо- и маслостойкостью, невысокой светостойкостью и термостойкостью. Применяют для окраски изделий из металла и древесины, в том числе подвергающихся кратковременному воздействию морской и пресной воды.
Сополимеры винилхлорида ХС	
Распылением (по глифталевым и перхлорвиниловым грунтовкам)	Высыхают при 18–23 °С за 1–3 ч или при 6О °С за О,5–1 ч. Обладают большей адгезией, химической стойкостью и морозостойкостью, чем перхлорвиниловые. Применяют для окраски оптических приборов.
Алкидно-стирольные МС	
Распылением пневматическим в электрическом поле, кистью	Высыхают при 18–23 °С за 1,5–2 ч. Обладают твердостью, стойкостью к повышенной влажности, солевым растворам, маслам, бензину, щелочным эмульсиям. Применяют для исправления дефектов в процессе окраски молотковыми эмалями (МП)
Каучуки Ка	
Пневматическим распылением	Высыхают при 15О–18О °С за 1 ч; обладают твердостью, эластичностью, атмосферостойкостью, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окраски оптико-механических приборов.
Кремнийорганические КО	
Распылением, кистью	Высыхают при 18–23 °С за 24 ч или при 15О–17О °С за 2 ч. Обладают повышенной термостойкостью (25О–5ОО °С), атмосферостойкостью, водо-, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окрашивания изделий из фосфатированных сталей и анодированных алюминиевых сплавов, работающих при повышенных температурах.
Полиакриловые АК, АС	
Распылением (по эпоксидным, фенольным и полиакриловым грунтовкам)	Высыхают при 18–23 °С за 24 ч или при 1ОО °С за 2 ч. Покрытие атмосферостойко к смазкам и спиртам, маслостойко. Применяют для окраски шкал приборов, стеклотекстолита, деталей приборов и машин.
Поливинилацетальные ВА	
Распылением, окунанием, кистью	Высыхают при 18–23 °С за 24 ч или при 12О °С за 1–4 ч. Покрытие водостойкое, масло- и бензостойкое. Применяют для окраски изделий из сталей, алюминиевых и магниевых сплавов, работающих при повышенной температуре в среде бензина и минеральных масел.
Битумы БТ	
То же	Высыхают при 18–23 °С за 2О–24 ч. Покрытия влагостойкие и химически стойкие. Применяют в электроаппаратостроении.
Маслянолаковые (канифольные) КФ	
Распылением, окунанием, кистью, в электрическом поле (без грунтовки по металлу и дереву)	Высыхают при 18–23 °С за 24–3О ч или при 6О–65 °С за 4 ч. Покрытия атмосферостойки, эластичны. Применяют для окраски деталей, приборов и машин, декоративной окраски металлических и деревянных поверхностей.

Таблица 9.13

Возможные сочетания грунтовок с амалями (лаками) и материалами окрашиваемых поверхностей

Материалы окрашиваемых поверхностей	Грунтовка	Эмали и лаки						
		ПФ, ГФ	МЛ	МЧ	ФЛ	ЭП	МС	НЦ
Черные металлы	ГФ-О2О; ФЛ-О3К; ФЛ-О3Ж	+	+	+	+	+ ЭП-ОТ	+*[2]	+
Алюминий и его сплавы	ФЛ-О3Ж; ГФ-О31	+; КФ-О3О	+; КФ-О3О	+; КФ-О3О	+; КФ-О3О	—; ЭП-О9Т	*[2]	+
Медь, латунь, бронза	ФЛ-О3К; ФЛ-О3КК	+	+	—	+	—; ЭП-О9Т	*[3]	+
Магниевые сплавы	ФЛ-О3Ж; ГФ-О31	+	+	—	+	—; ЭП-О9Т	—	+
Цинк	ФЛ-О3Ж; ГФ-О31	+	+	+	+	—; ЭП-О9Т	—	+
Сталь кадмированная	ФЛ-О3Ж; ФЛ-О3К; ФЛ-О3КК; ГФ-О31	+	+	+	+	—; ЭП-О9Т	—	+
		Эмали и лаки						
		ХВ	ХС	К, КО*[1]	АС, АК	ВЛ	ВТ	КФ
Черные металлы	ФЛ-О3К; ГФ-О2О; ФЛ-О3Ж	+; ХС-О1О	+; ХС-О1О	+*[2]	+; ЭП-О9Т	*[3]	+*[3]	+
Алюминий и его сплавы	ФЛ-О3Ж; ГФ-О31	+; ХС-О1О	+	ФЛ-О3Ж; КФ-О3О	*[2] ФЛ-О3Ж; ЭП-О9Т	*[3]	—	+
Медь, латунь, бронза	ФЛ-О3К; ФЛ-О3КК	+; ХС-О1О	+; ХС-О1О	—	+; ЭП-О9Т	*[3]	—	*[3]
Магниевые сплавы	ФЛ-О3Ж; ГФ-О31	+	+	—	ФЛ-О3Ж; ЭП-О9Т	*[3]	—	+
Цинк	ФЛ-О3Ж; ГФ-О31	+	+	—	ФЛ-О3Ж; ЭП-О9Т	—	—	+
Сталь кадмированная	ФЛ-О3Ж; ФЛ-О3К; ФЛ-О3КК; ГФ-О31	+	+	—	+; ЭП-О9Т	*[3]	—	+

Примечания. 1. Обозначения эмалей и лаков: ПФ иГФ — алкидные; МЛ — меламинные; МЧ — мочевинные; ФЛ — фенольные; ЭП — эпоксидные; МС — алкидно-стирольные; НЦ — нитроцеллюлозные; ХВ — перхлорвиниловые; ХС — на основе сополимеров винилхлорида; К, КО — кремнийорганические; АС, АК — полиакриловые; ВЛ — поливинилацетальные; БТ — битумные; КФ — масляные эмали.

2. Знак «+» означает пригодность, знак «—» непригодность для данных эмалей (лаков); марки грунтовок рядом со знаком являются дополнительно применимыми.

*[1] Для эксплуатации при высоких температурах.
*[2] Эмали (лаки) можно наносить без грунтовок.
*[3] Эмали (лаки) наносят без грунтовок.

9.3. КЛЕИ

Клеи преднажначены для неражъемного соединения металлов и неметаллических материалов.

Таблица 9.14

Рекомендуемые марки клея для склеивания различных материалов и минимальная рабочая температура, °С

Марка	Материалы												
	Пластмассы порошковые	Винипласты	Полиэтилен	Фторопласт-4	Полипропилен	Оргстекло	Целлулоид	Древесные материалы	Полистирол блочный	Текстолит	Стеклотекстолиты	Пенопласты	Теплоизоляционные материалы
АМК	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15О
БФ-2 *	6О	—	—	6О	—	—	—	—	—	6О	6О	—	—
БФ-4 *	—	—	—	—	—	—	—	6О	—	—	—	—	—
В-1О7										—			
ВИАМ-19	8О	—	—	—	—	—	—	6О	—	8О	—	8О	8О

Продолжение табл. 9.14

Марка	Материалы												
	Пластмассы порошковые	Винипласты	Полиэтилен	Фторопласт-4	Полипропилен	Оргстекло	Целлулоид	Древесные материалы	Полистирол блочный	Текстолит	Стеклотекстолиты	Пенопласты	Теплоизоляционные материалы
В-31-Ф9	80	—	60	—	80	150	—	60	—	80	—	100	100
ВК-32-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200
ВК-32-200	200	—	—	200	—	—	—	—	—	100	200	—	—
ВК-32-ЭМ *	80	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80	80	—
ВКТ-2													
ВКТ-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	400
ВС-10М *	150	—	—	—	—	—	—	—	—	100	150	—	—
ВС-107 *	150	—	—	150	—	—	—	—	—	150	150	—	—
БС-350 *	250	—	—	250	—	—	—	—	—	100	300	—	—
Карбонильные *	60	—	—	20	—	—	—	—	—	60	—	—	—
К-17 *	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—
К-32-70 *	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—
К-153 *	80	—	—	80	—	—	80	60	—	80	80	120	80
Л-4 *	80	—	—	—	—	—	—	60	—	80	80	80	—
ПВ-16	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—
ПК-5 *	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60	—	—	—
ПУ-2 *	80	60	60	80	80	150	80	60	60	80	80	120	—
ПУ-2М *	80	60	60	80	60	—	80	60	60	80	—	80	100
№ 88	—	—	20	—	20	—	—	—	—	—	—	—	80

Примечание. Склеивание полиэтилена, полипропилена, фторопласта-4 возможно только по обработанной химическим или другим способом поверхности материала.

* Клеи пригодны для склеивания металлов с указанными в таблице материалами, если температурный режим склеивания не превышает рабочую температуру материала.

Таблица 9.15

Типовые режимы склеивания различных материалов синтетическими клеями

Марка клея	Температура, °С	Давление, МПа	Выдержка до отверждения, ч
	Для металлов		
К–153	25	0,1–1,5	16–20
БФ–2, БФ–4	140–150	1,0–2,0	1
ВС–10Т ВК–32–ЭМ ВС–10М	180	0,05–0,2	1–2
	150	0,05–0,3	
	180	0,3–1,0	2–3
ВК–32–200	180	1,0–2,0	1–2
П–4	120	0,01–0,073	4
ПК–5	80	0,05–0,3	6
ПУ–2М	105	0,05–0,3	4
ВС–350	200	0,1–0,2	2
Карбонильный	20	0,03–0,05	24–30
	Для неметаллических материалов		
МАС–1	150	0,2–0,3	0,5
КТ–15	200	0,2–0,3	2
К–17	15	0,05–0,3	6–8
№ 88	15	Без добавления	3
АМК	105	То же	4
АК–20	18	»	8
ВК–32–2	20	»	10
К–32–70	65	0,1–0,15	4
В–31–ф	20	0,1–0,3	10–12
ПВ–16	20	0,1–0,15	4
В–107	15	0,5–0,3	10–12
ВИАМ–Б3	16	0,05–0,5	10–12
ВИАМ–К–12	16	0,05–0,5	8–10
ВИАМ–Ф	18	0,05–0,5	12–15

Таблица 9.16

Свойства и назначение синтетических клеев

Марка	Прочность при 20 °С на сдвиг, МПа	Прочность при 20 °С на отслаивание, Н/м	Склеиваемые материалы, свойства клея
		Фенольные	
БФ–2, БФ–4	30	280	Металлы, текстолит, аминопласты, стекло, древесина, фибра, фарфор, кожа; вибростоек.
БФ–6	—	—	Ткани, резина, войлок между собой и для приклеивания его к металлам.
ВК–32–200	15	320	Дуралюмин, стали, текстолиты, пенопласты.
ВС–350 ВС–10Т БС–10М КР–4	18 18 20	— 320 320	Металлы, стеклотекстолиты и текстолиты.
КБ–3	— —	— —	Пластмассы, древесина, текстильные материалы.
		Казеиновые	
СБС –2	—	—	Пластмассы, тонкие древесные, бумажные и текстильные материалы.
		Эпоксидные	
ЭД–5, ЭД–6	—	—	Металлы, винипласт, оргстекло, фарфор, керамика, древесина, пластмассы, приклеивание вулканизированной древесины к металлам.
ВК–32–ЭМ	25	200	Стали, дуралюмин между собой и с пенопластами. Стоек в различных кинематических условиях.
ВК–7	7,5	—	Стали, алюминиевые и титановые сплавы, работающие при температуре от –60 до +250 °С.
Л–4	4,0	—	Металлы между собой и со стеклопластиками в узлах несилового назначения.
		Полиамидные	
ПФЭ–2/10	6,0	600	Металлы, текстолит, древесина, капроновое волокно, полиамидные пленки, кожи.
ПК–5	15		Полиамидная пленка.
МПФ–1	17	— 600	Металлы и неметаллические материалы. Эластичен; обладает длительной прочностью.
		Карбомидные	
КМ–3 К–17 КМ–12	— 14 —	— — —	Пластмассы, древесина, бумага, текстильные материалы; вибростоек.
		Полиуретановые	
ПУ–2	14	—	Стали, алюминиевые сплавы между собой и с неметаллическими материалами. Обладает длительной прочностью и выносливостью, стоек в различных климатических условиях.
ВК–5	7,5	—	Стали, алюминиевые и титановые сплавы между собой и с неметаллическими материалами, работающие при ±60 °С в течение 1000 ч; вибростоек.
		Перхлорвиниловые	
Д–10; М–10	—	—	Поливиниловые пластики между собой и с металлами. Невулканизированная резина с металлами.
«Лейкопат»	—	400	
Б–10 ХВК–2а	— —	— —	Винипласт, ткани и пластики с металлами.
		Глифталевые	
АМК	—	750	Стекло, теплоизоляция с металлами.
ИП–9	—	—	Силиконовые резины с металлами.
		Металлические	

Продолжение табл. 9.14

Мелкадин			Металлы, керамика, органические полимеры и др.; электропроводен, выдерживает нагрев до 7ОО–8ОО °С.

Продолжение табл. 9.16

Марка	Прочность при 2О °С		Склеиваемые материалы, свойства клея
	на сдвиг, МПа	на отдирание, Н/м	
Фосфатные			
Алюмофосфатный клей	—	—	Стекло, ситалл, керамика, металлы (никель, молибден, вольфрам, титан, тантал, ковар, констант), работающие при –6О — +14ОО °С.
Цианакриловые			
Циакрин	14	—	Различные материалы.
Эпоксидно-фурфурольно-ацетатные			
БОВ–1 БОВ–2 БОВ–3	—	—	Металлы и пластмассы, химически стойкие, теплостойкие.

9.4. КИСЛОТОУМОРНЫЕ ЗАМАЗКИ, ЦЕМЕНТЫ И ГЕРМЕТИКИ

Таблица 9.17

Рекомендуемые склеивающие и герметизирующие материалы для химической аппаратуры

Материалы		Плотность ρ, кг/м^3	Краткая характеристика материала	Примерное назначение	Предел прочности, МПа, не менее	
Наименование, марка	ТУ				при растяжении	при сжатии
Арзамит 1	М-522–54	115О	Замазки типа арзамит приготовляются на основе фенолформальдегидной резольной смолы с порошкообразным наполнителем и кислым отвердителем. Замазки водонепроницаемы и затвердевают на холоде. Замазки устойчивы к действию растворов неорганических кислот и солей, к солициловой, малеиновой, бензойной кислотам, бензину, хлорбензолу. Замазка арзамит 1 — кислотостойкая, арзамит 2 — кислотощелочестойкая, арзамит 4 и арзамит 5 — кислотощелочестойкие теплопроводные, арзамит 6 — химически- и теплостойкая до температуры 25О °С, арзамит 7 — кислотощелочестойкая, не дающая усадки при схватывании.	Применяется при футеровке емкостной аппаратуры кислотоупорным кирпичом и керамическими плитками, а также для склеивания деталей аппаратуры из фаолита	3	3О
Арзамит 2						
Арзамит 4	ТУ 6-16-1133–67			Применяется при футеровке емкостной аппаратуры плитками из антегмита АТМ-1, АТМ-1Г, АТМ-1О, а также для склеивания деталей аппаратуры из углеграфитовых материалов	5	6О
Арзамит 5	СТУ 58-ОО9–59	12ОО			4,5	45
Арзамит 6	—	—			—	—
Арзамит 7						
Цемент глетоглицериновый		29ОО	—	Применяется для склеивания деталей из керамики и кварцевого стекла	2,4	—
У-3ОМ		14ОО	Тиоколовый герметик, самовулканизирующийся при температуре 7О °С через 2–3 ч, при 5О °С — через 3–4 ч, при 18–2О °С — через 24–48 ч. Допустимая температура эксплуатации герметика на воздухе от –4О до +7О °С и в жидком топливе от –6О до +13О °С. Герметик не обладает адгезией к металлу, поэтому его наносят на подслой из клея 88-Н или эпоксиднотиоколового клея К-5О	Применяется для поверхностной герметизации металлических изделий, имеющих резьбовые, сварные или заклепочные соединения и нуждающиеся в уплотнении. Герметик наносится на изделие при помощи шпателя или шприца	2,О (на отрыв)	—

ГЛАВА 10

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МРОКЛАДОК И НАБИВОК

В табл. 1О.1 и 1О.2 приведены рекомендуемые неметаллические и металлические прокладочные материалы для фланцевых соединений аппаратов и трубопроводов химических производств, а в табл. 1О.3 — прокладочные материалы для резьбовых соединений трубопроводов.

В табл. 1О.4 представлены рекомендуемые пропиточные составы и обмазки для прокладок из паронита и картона, в табл. 1О.5 — рекомендуемые материалы для набивок сальников аппаратуры, в табл. 1О.6 — рекомендуемый сортамент неметаллических материалов для прокладок фланцевых соединений и набивок сальников аппаратуры.

В табл. 1О.7 приведены некоторые физико-механические свойства прокладочных резин.

Таблица 10.1

Рекомендуемые неметаллические прокладочные материалы для ôланцевых соединений аппаратов и трубопроводов технологических производств по ГОСТ 15180

Материал	Допустимая рабочая среда	Предельно допустимые рабочие параметры	
		p, МПа	*t*, °С
Резина листовая техническая по ГОСТ 7338*	Вода	До О,6	До 1ОО
	Аммиак жидкий; щелочи 5О %-ной концентрации (едкие натр и кали)		От –3О до +8О
	Хлор (сухой газ); сероводород; двуокись углерода; кислоты любой концентрации: соляная, борная, сернистая, винная, мышьяковая; кислоты ограниченной концентрации: серная 5О %-ная, фосфорная 85 %-ная, фтористоводородная 5О %-ная, ацетон; ненасыщенные растворы солей: алюминия азотнокислого, сернокислого, хромистокислого, бария сернокислого, железа сернокислого (закисного и окисного), калия двухромовокислого, сернокислого и сернистокислого, бисульфата калия, кальция сернистокислого, хлористого, хлорноватокислого, меди сернокислой, хлористой, цианистой, натрия кислого сернистокислого, цианистого, никеля уксуснокислого, серебра азотнокислого; растворы солей любой концентрации: анилина солянокислого, магния хлористого и сернокислого, натрия азотнокислого, сернистого, углекислого и хлористого, олова хлористого; растворы хлористого цинка 5О%-ной концентрации		От –3О до +65
	Ацетон; бутан (жидкий); диэтиленгликоль; метиловый спирт; триэтаноламин; четыреххлористый углерод; этиленгликоль	До 2,О	
Картон асбестовый по ГОСТ 285О*	Углеводороды жидкие; растворы солей любой концентрации: алюминия азотнокислого, сернокислого, хлористого и хромистокислого, бария сернокислого, железа сернокислого (закисного и окисного), калия двухромовокислого, сернокислого и сернистокислого, бисульфата калия, кальция кислого сернистокислого, хлористого и хлорноватистокислого, магния сернокислого и хлористого, меди сернокислой, хлористой и цианистой, натрия азотнокислого, сернистокислого, сернистого, углекислого, хлористого и цианистого, никеля азотнокислого и уксуснокислого, олова хлористого, серебра азотнокислого, цинка хлористого; сера (жидкая); сернистый ангидрид; триэтаноламин; фенол	До О,6	До +4ОО
	Агрессивные газы (хлор, окислы азота, кислород, сернистый газ), кислоты 98 %-ной концентрации: азотная, борная, сернистая, соляная, фосфорная, уксусная, хлоруксусная		До +3ОО
Паронит по ГОСТ 481*	Водяной пар; воздух	До 6,4	До +4ОО
	Инертные газы (азот, водород и др.); углеводородные газы (бутан и др.); промышленные газы (коксовый, конвертированный, крекинг-газ); агрессивные газы (хлор сухой, окислы азота, сернистый газ, нитрогазы); нефтепродукты (бензин, керосин и др.)	До 2,5	
	Вода	До 6,4	До +3ОО
	Едкий натр 5О %-ный; едкое кали 5О %-ное; аммиак жидкий		До +15О

Продолжение табл. 9.16

	Кислоты: азотная 1ОО %-ная, серная 5О %-ная, уксусная 97 %-ная, никель азотнокислый 5О %-ный; фенол 5О %-ный; триэтаноламин 5О %-ный; хладоны любых марок (газообразные)	До 2,5	До +1ОО

Продолжение таб1. 10.1

Материал	Допустимая рабочая среда	Предельно допустимые рабочие параметры	
		p, МПа	*t*, °С
Фторопласт-4 по ГОСТ 10007* Е	Все агрессивные среды любой концентрации, за исключением элементарного фтора при повышенной и высокой температурах	До 40 *	От –254 до +250
Асбест в металлической оболочке из алюминия, меди, латуни, стали (гофрированные прокладки)	Хладоны всех марок любой концентрации	До 6,4	От –100 до +500
	Хлор (сухой газ); сернистый газ; окислы азота; промышленные газы (коксовый, конвертированный, крекинг-газ); кислород; озон; двуокись углерода; щелочи любой концентрации (едкий натр, едкое кали); аммиак жидкий	До 4,0	До +300
	Вода; водяной пар	До 2,5	
* Для прокладок, помещаемых «в замок», например, для уплотнительных поверхностей типа шип – паз. Плоские прокладки из фторопласта-4 на открытых фланцах можно применять только при удельном давлении на прокладку не свыше 3 МПа и при температуре среды около 20 °С.			

Таблица 10.2

Рекомендуемые металлические прокладочные материалы для ôланцевых соединений аппаратов и трубопроводов технологических производств

Материал	Конструкция прокладки	Предельно допустимые рабочие параметры	
		p, МПа	*t*, °С
Алюминий марок А95, А85, А8, А7, А6, А5, АО, А по ГОСТ 1100; медь марок М1, М2 по ГОСТ 859; сталь марок 12Х18Н9, 12Х18Н9Т по ГОСТ 5632	Плоская для уплотнения шип – паз	≤2,5	От –200 до +300
Никель марок Н1, Н2 по ГОСТ 492		≥2,5	≤760
Монель-металл НМЖМц28-2,5-1,5 по ГОСТ 492			≤815
Сталь 08Х18Н10Т по ГОСТ 5632 с техническими требованиями по виду испытаний по ГОСТ 7350	Восьмиугольного сечения	≥6,4	От –200 до +550

Таблица 10.3

Рекомендуемые прокладочные материалы для резьбовых соединений трубопроводов технологических производств

Материал (ГОСТ, ТУ)	Допустимые рабочие среды	Допускаемая температура среды, °С	Допускаемое избыточное давление среды, МПа	
			при температуре до 30 °С	при максимальной допускаемой температуре
Алюминий марок А95, А85, А8, А7, А6, А5, АО (ГОСТ 1100)	Нефть, масло и другие нефтепродукты	От +300 до +400	Зависит от конструктивной прочности соединения	6
	Воздух; водяной пар	300		2

Продолжение табл. 10.3

Материал (ГОСТ, ТУ)	Допустимые рабочие среды	Допускаемая температура среды, °С	Допускаемое избыточное давление среды, МПа	
			при температуре до 30 °С	при максимальной допускаемой температуре
Медь марок М1 и М3 (ГОСТ 859)	Воздух; фреоны любой марки; горячие газы; двуокись углерода; нефтяное топливо; смазочное масло	200	Зависит от конструктивной прочности соединения	20
	Пар насыщенный и перегретый	250		3,5
Паронит (ГОСТ 481)	Пар насыщенный и перегретый; газы инертные; газы дымовые	400	Зависит от конструктивной прочности соединения	5
	Вода морская и пресная (кроме питьевой) при давлении свыше 0,6 МПа; воздух	250		
	Кислород жидкий и газообразный	От –182 до –62	–	0,25
Картон прокладочный марки А (ГОСТ 9347)	Бензин, керосин	30	1	1
Картон прокладочный марки Б (ГОСТ 9347)	Нефть; мазут; газойль; масло нефтяное; воздух; вентиляционные газы; вода питьевая	90		0,6
Фибра ФТ (ГОСТ 6910)	Нефтяное топливо; смазочное масло; кислород; двуокись углерода	От –30 до +100	80	8
Фибра ФЛАК (ГОСТ 3335)	Нефть; мазут; газойль; масло нефтяное	То –30 до +100	80	6,4
Резина листовая техническая (ГОСТ 7338)	Вода; слабые растворы кислот и щелочей (концентрации до 20 %); рассол; бензин; керосин; нефтяное масло	От –30 до +50	0,6	0,3

Таблица 10.4

Марки сальниковых набивок в зависимости от области применения (ГОСТ 5152)

Марка набивки	Применяемость					
	Рабочая среда	pH среды	Максимально допустимые			Узел уплотнения
			давление среды, МПа	температура среды, °С	скорость скольжения, м/с	
АПК-31	Воздух, нейтральные и слабокислотные растворы Нефтепродукты, газы и пары	3–10	4,5	300	2	Арматура
	Вода, пар		1,6	225		
(АП) АП-31 (АСП) АСП-31	Нейтральные и агрессивные жидкие и газообразные среды, пар	3–14	4,5	От минус 70 до плюс 300	2	Арматура
	Нефтепродукты		2,0	От минус 30 до плюс 300		
	Нейтральные и агрессивные жидкие среды, нефтепродукты		2,0	250	15	Насосы центробежные
					2	Насосы поршневые
АС	Нейтральные и агрессивные жидкие и газообразные среды	5–14	5,0	300	2	Арматура
	Аммиак жидкий и газообразный		4,5	От минус 70 до плюс 150		
	Газообразные среды		1,0	450	–	Неподвижные соединения аппаратов

Продолжение табл. 10.4

Марка набивки	Применяемость					
	Рабочая среда	pH среды	Максимально допустимые			Узел уплотнения
			давление среды, МПа	температура среды, °С	скорость скольжения, м/с	
АСС	Нейтральные и агрессивные жидкие и газообразные среды	5–14	4,5	400	2	Арматура
	Аммиак жидкий и газообразный			От минус 70 до плюс 150		
	Газообразные среды		1,0	600	–	Неподвижные соединения аппаратов
(АПР) АПР-31	Нейтральные и агрессивные жидкие и газообразные среды	3–10	32,0	От минус 70 до плюс 200	2	Арматура
	Нефтепродукты		2,0	От минус 30 до плюс 300		
	Нейтральные и агрессивные жидкие среды, нефтепродукты		2,5	210	15	Насосы центробежные
			4,5		2	Насосы поршневые
АПРПС	Вода, пар, нефтепродукты, нефтяные газы, щелочи, органические продукты, угольные шламы, смолы, воздух, пасты	4–14	90,0	450	2	Арматура
			35,0	230	15	Насосы
АПРПП	Вода, пар, нефтепродукты, нефтяные газы, щелочи, органические продукты, угольные шламы, смолы, воздух, пасты	4–14	90,0	200	2	Арматура
					15	Насосы
АФТ	Сжиженные газы, жидкие и газообразные органические продукты	1–14	25,0	От минус 200 до плюс 300	2	Арматура
	Этилен		150,0	250		
	Органические продукты, кислые и щелочные среды, аммиак		3,0	300	15 (20*)	Насосы центробежные
			34,0	250	2	Насосы поршневые
	Морская вода		4,5	От минус 2 до плюс 50	10	Насосы центробежные
АГИ	Воздух, азот, инертные газы	4–14	20,0	325	2	Арматура
	Пар водяной		35,0	565		
	Нефтяные продукты		32,0	450		
	Вода, питательная вода, органические продукты		2,0	70	25	Насосы
			38,0	280	2	Арматура
					15	Насосы
	Аммиак жидкий и газообразный		32,0	От минус 70 до плюс 150	2	Арматура
					15	Насосы
	Жидкие и газообразные нефтепродукты и агрессивные среды		37,0	600	–	Неподвижные соединения аппаратов
АФВ	Щелочная среда любой концентрации, сульфитный и сульфатный щелоки	3–14	2,0	180	2	Арматура, поршневые насосы
					15	Центробежные насосы

Продолжение табл. 10.4

Марка набивки	Применяемость					
	Рабочая среда	pH среды	Максимально допустимые			Узел уплотнения
			давление среды, МПа	температура среды, °С	скорость скольжения, м/с	
АФ-1	Морская вода	1–14	20,0	От минус 2 до плюс 50	2	Арматура
	Топливо, масла, тяжелые и легкие нефтепродукты			От минус 40 до плюс 160		
	Дистиллят, бидистиллят, конденсат, вода пресная, питьевая, питательная, промышленная		3,0	260	15 (20*)	Насосы
			20,0	260	2	Арматура
	Пар водяной		4,0	250		
	Особо чистые вещества		0,4	130	15	Насосы
					2	Арматура, химическая аппаратура
ПАФС	Углеаммониевые соли, бутиловые спирты	0–14	32,0	160	5	Плунжерные насосы
	Кремнефтористоводородная кислота		0,15	70	15	Центробежные насосы
(ФФ)	Серная и азотная кислоты концентрацией до 45 %, соляная кислота концентрацией до 35 %, органические кислоты и другие агрессивные жидкие среды	0–12	3,0	От минус 30 до плюс 100	15	Насосы
УС	Серная, соляная, азотная и фосфорная кислоты	0–14	3,0	100	30	Насосы
	Пар водяной		10,0	300	2	Арматура
	Нефтепродукты		4,5	300		
(ХБП)	Воздух, инертные газы, нейтральные пары, минеральные масла, углеводороды, нефтяное топливо, промышленная вода	5–10	20,0	120	2	Арматура
			2,5		15	Насосы
(ЛП)	Воздух, инертные газы, минеральные масла, углеводороды, нефтяное темное топливо, промышленная вода, морская вода, растворы щелочей	5–10	16,0	150	2	Арматура
			2,5		15	Насосы
ППФ	Морская вода	6–8	0,15	80	10	Дейдвудные уплотнительные устройства
АР АРС	Промышленная вода, перегретый и насыщенный водяной пар	6–10	10,0	400	2	Гидравлические прессы
				200	15	Насосы
ХБР ХБРС	Промышленная вода	6–10	20,0	120	2	Гидравлические прессы
					15	Насосы

* Для набивок диагонального плетения.

Таблица 10.5

Характеристики сальниковых набивок (ГОСТ 5152)

Марка набивки	Характеристика
1. АСБЕСТОВЫЕ	
АС	Плетеная сухая
АСС	Плетеная, с сердечником из стеклоровинга, сухая
АПК-31	Крученая, пропитанная жировым антифрикционным составом на основе нефтяных экстрактов, графитированная
АП-31	Плетеная, пропитанная жировым антифрикционным составом на основе нефтяных экстрактов, графитированная
АСП	Плетеная с сердечником из стеклоровинга, пропитанная жировым антифрикционным составом, графитированная
АСП-31	Плетеная, с сердечником из стеклоровинга, пропитанная жировым антифрикционным составом на основе нефтяных экстрактов, графитированная
АПР	Плетеная с латунной проволокой, пропитанная жировым антифрикционным составом, графитированная
АПР-31	Плетеная, с латунной проволокой, пропитанная жировым антифрикционным составом на основе нефтяных экстрактов, графитированная
АПРПС	Плетеная, с латунной проволокой, прорезиненная, графитированная, сухая
АПРПП	Плетеная, с лагунной проволокой, прорезиненная, пропитанная антифрикционным составом, графитированная
АФТ	Плетеная, пропитанная суспензией фторопласта с тальком
АГИ	Плетеная, приклеенная с графитом, ингибированная
АФВ	Плетеная, пропитанная жировой консистентной смазкой с суспензией фторопласта и графита
АФ-1	Плетеная, пропитанная суспензией фторопласта
ПАФС	Плетеная, полипропиленовая с асбестовым сердечником; пропитанная суспензией фторопласта со слюдой
АР	Скатанная, прорезиненная
АРС	Скатанная, прорезиненная, с резиновым сердечником
2. НЕАСБЕСТОВЫЕ	
ФФ	Плетеная, фторлоновая, пропитанная суспензией фторопласта
УС	Плетеная из углеродистых нитей, сухая
ХБП	Плетеная, хлопчатобумажная, пропитанная жировым антифрикционным составом, графитированная
ЛП	Плетеная из лубяных волокон, пропитанная жировым антифрикционным составом, графитированная
ППФ	Плетеная, фторопластовая с сердечником из лубяных волокон, пропитанная жировым антифрикционным составом
ХБР	Скатанная хлопчатобумажная прорезиненная
ХБРС	Скатанная хлопчатобумажная прорезиненная с резиновым сердечником

Таблица 10.6

Сальниковые набивки из терморасширенного графика (ГОСТ 5152)

Набивки плетеные из терморасширенного графита				
Марка, соответствие разных производителей	Материал армирования, пропитки	Параметры эксплуатации		
		T,°C	P, МПа	V, м/с
МС101, 200С, Н1 100, НГФ-ХБ, НГ-100, НГ-Л	ХБ нить	–200+150	3–25	3–20
МСL01-С, 200 G (НI 2 00, НГФ-С, НГ-3 00, НГ-С	Стекловолокно	–200+450	3–30	3–20
МС131, 200М, Н130О, НГФ-М, НГ-200, НГ-Н	никонелевая проволока	–200+650	40	3
МС105, 204С, НГ-101, НГ-Л-Ф	ХБ нить + ФП пропитка	–200+150	3–30	3–15
204 G. НI 2 01, НГФ- С-Пф	стекловолокном + ФП пропитка	–200+260	3–30	3–15
240С, НУ1120, НГФ-ХБ-Ф	ХБ нить + ФП оплетка	–200+150	3–25	2–5
240 G, НУ 1220, НГФ-С-Ф, НУ1230	стекловолокно + ФП оплетка	–100+260	3–30	2–5
250 G, НУ 1240, НГФ-С-ЭГ	стекловолокно + графитонаполненная ФП оплетка	–200+280	3–25	3–20
264 G, НУ1251, НГФ-С-А-Пф	стекловолокно + арамидная оплетка + ФП пропитка	–100+260	3–25	3–20
270 G, НУ 1260, НГФ-С-У-В	стекловолокно + углеродная оплетка	–60+450	40	3
МС161, 274 G, НУ1261, НГУ-К1-120, НГ-Л-У-Ф	стекловолокно + углеродная оплетка + ФП пропитка	–200+260	20	3

Таблица 10.7

Сальниковые набивки из фторопласта (ТУ 2573-002-93978201-2008)

Набивки плетеные из волокон 5кспандированного фторопласта				
Марка, соответствие разных производителей	Материал армирования, пропитки	Параметры эксплуатации		
		T,°C	P, МПа	V, м/с
МС500, 400, Н3000, НФ-Э, НФ-100	–	–200+260	3–20	2–4
403, Н3004, НФ-Э-Пс, НФ105	силиконовая смазка	–100+260	2–15	3–10
404, Н3001, НФ-Э-Гф, НФ101	ФП пропитка	–200+260	3–20	2–4
МС510, 500, И4000, НФ-200	графитонаполненная ФП оплетка	–200+260	3–20	3–15
530, НС407О, НФ-ЭГ-СШ	силиконовый сердечник	–100+260	3–15	3–20
МС571, 564, НУ4051, НФ-ЭГ-А	арамидная оплетка + ФП пропитка	–100+260	3–20	3–20
МС750, 604, Н5001, НА-Пф	арамидная оплетка + ФП пропитка	–100+260	3–20	3–15

ГЛАВА 11

СЕТКИ И ТКАНИ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЕ

Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками нормальной точности (ГОСТ 6613)

Сетки предназначены для фильтрации и других целей.

Сетки изготовляют из мягкой отожженной проволоки. Для сеток № 004–016 применяют бронзу марки БрОФ6,5-0,4 по ГОСТ 5017 или никель марки ПП2 по ГОСТ 492; для сеток № 0071–2,5 — полутомпак марки Л80 по ГОСТ 15527.

Ширина сеток:

1000 мм для сеток № 004–0063;

1000; 1300; 1500 мм для сеток № 0071–014;

1000; 1500 мм для секток № 016–2,5.

Минимальная длина отрезка сетки не менее 1 м — для № 004–056 и не менее 1,5 м — для № 063–2,5.

Таблица 11.1

Основные параметры и размеры сеток

Полотняное переплетение

Саржевое переплетение

Номер сетки	Размер стороны ячейки в свету	Диаметр проволоки	Масса 1 м² сеток, кг			Номер сетки	Размер стороны ячейки в свету	Диаметр проволоки	Масса 1 м² сеток, кг		
	мм		полутомпаковых	бронзовых	никелевых		мм		полутомпаковых	бронзовых	никелевых
004	0,040	0,030	—	0,18	0,18	0,315	0,315	0,160	0,75	—	—
0045	0,045	0,036	—	0,23	0,23	0,355	0,355	0,160	0,68	—	—
005	0,050	0,036	—	0,21	0,21	04	0,400	0,160	0,63	—	—
0056	0,056	0,040	—	0,23	0,24	045	0,450	0,200	0,85	—	—
0063	0,063	0,040	—	0,22	0,22	05	0,500	0,250	1,15	—	—
0071	0,071	0,050	0,28	0,29	0,29	056	0,560	0,250	1,06	—	—
008	0,080	0,055	0,26	0,27	0,27	063	0,630	0,300	1,33	—	—
009	0,090	0,060	0,33	0,34	0,34	07	0,700	0,300	1,24	—	—
01	0,100	0,060	0,31	0,32	0,32	08	0,800	0,300	1,13	—	—
0112	0,112	0,080	0,47	0,47	0,47	09	0,900	0,400	1,70	—	—
0125	0,125	0,080	0,43	0,44	0,44	1	1,000	0,400	1,58	—	—
014	0,140	0,090	0,49	0,49	0,50	1,25	1,250	0,400	1,35	—	—
016	0,160	0,100	0,53	0,54	0,55	1,6	1,600	0,500	1,64	—	—
018	0,180	0,120	0,66	—	—	2,0	2,000	0,500	1,38	—	—
02	0,200	0,120	0,62	—	—	2,5	2,500	0,500	1,15	—	—
0224	0,224	0,120	0,58	—	—						
025	0,250	0,120	0,54	—	—						
028	0,280	0,140	0,64	—	—						

Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками контрольные и высокой точности (ГОСТ 6613)

Проволочные тканые сетки с квадратными ячейками изготовляют контрольные (К), высокой точности (В) и нормальной точности (Н) с размером стороны ячейки в свету от 0,04 до 2,5 мм.

Контрольные сетки предназначены для контроля различных материалов по размеру частиц при дроблении, измельчении и обогащении; сетки высокой точности — для разделения по размеру зерен дробленых материалов и других целей.

Сетки изготовляют из мягкой отожженной проволоки.

Для изготовления сеток № 004–016 применяют бронзу марки БрОФ6,5-0,4 по ГОСТ 5017, для сеток № 0071–2,5 — полутомпак марки Л80 по ГОСТ 15527.

Таблица 11.2

Основные параметры и размеры сеток

Полотняное переплетение

Саржевое переплетение

Номер сетки	Размер стороны ячейки в свету, мм	Диаметр проволоки, мм	Количество ячеек на 1 см², шт.	Живое сечение сетки, %	Масса 1 м² сеток, кг: бронзовых	Масса 1 м² сеток, кг: никелевых	Номер сетки	Размер стороны ячейки в свету, мм	Диаметр проволоки, мм	Количество ячеек на 1 см², шт.	Живое сечение сетки, %	Масса 1 м² сеток, кг: бронзовых	Масса 1 м² сеток, кг: никелевых
004	0,040	0,030	20 420,0	32,7	—	0,18	009	0,090	0,06	4 435,0	36,0	0,33	0,34
0045	0,045	0,036	15 252,0	30,9	—	0,23	01	0,100	0,06	3 906,0	39,1	0,31	0,32
005	0,050	0,036	13 526,0	33,8	—	0,21	0112	0,112	0,08	2 714,0	34,0	0,47	0,47
0056	0,056	0,04	10 858,0	34,0	—	0,23	0125	0,125	0,08	2 381,0	37,2	0,43	0,44
0063	0,063	0,04	9 428,0	37,4	—	0,22	014	0,140	0,09	1 829,0	37,0	0,49	0,49
0071	0,071	0,05	6 823,0	34,4	0,28	0,29	016	0,160	0,10	1 482,0	37,9	0,53	0,54
008	0,080	0,05	5 914,0	37,9	0,26	0,27	018	0,180	0,12	1 109,0	36,0	0,66	—
02	0,200	0,12	980,0	39,1	0,62	—	063	0,630	0,30	116,0	45,9	1,33	—
0224	0,224	0,12	847,0	42,4	0,58	—	07	0,700	0,30	100,0	49,0	1,24	—
025	0,250	0,12	729,0	45,6	0,54	—	08	0,800	0,30	83,0	53,0	1,13	—
028	0,280	0,14	566,0	44,4	0,64	—	09	0,900	0,40	59,1	47,9	1,70	—
0315	0,315	0,16	445,0	44,0	0,75	—	1	1,000	0,40	51,0	51,0	1,58	—
0355	0,355	0,16	376,0	47,0	0,68	—	1,25	1,250	0,40	37,2	57,3	1,35	—
04	0,400	0,16	320,0	51,0	0,63	—	1,6	1,600	0,50	22,6	58,0	1,64	—
045	0,450	0,20	237,0	47,9	0,85	—	2,0	2,000	0,50	16,0	64,0	1,38	—
05	0,500	0,25	177,0	44,4	1,15	—	2,5	2,500	0,50	11,2	70,0	1,15	—
056	0,560	0,25	151,0	47,8	1,06	—							

Ширина сеток 1000 мм.

Длина сеток не менее: 1 м для № 004–009; 1,5 м для № 01–056; 3 м для № 063–2,5.

Примеры обозначений.

Сетка полутомпаковая контрольная № 05:

Сетка полутомпаковая 05 К ГОСТ 6613.

То же высокой точности № 05:

Сетка полутомпаковая 05 В ГОСТ 6613.

Ткани фильтровальные

Для очистки сточных вод от взвешенных частиц, а также газопылевых потоков и туманов требуется большое разнообразие фильтровальных тканей. В настоящее время в нашей стране значительно сокращена номенклатура таких тканей, однако некоторые виды тканей продолжают выпускаться легкой промышленностью.

Бельтинг фильтровальный — Бф, бельтинг фильтровальный из хлопчатобумажной пряжи с машин БД-200-БФ-БД, ткань фильтровальная хлопколавсановая — ТФХЛ, ткань хлопчатобумажная фильтровальная для нефтепродуктов — ТФНП, ткань фильтровальная для нефтепродуктов комбинированная — ТФНК, ткань специального назначения — фильтросванбой «С», ткань техническая фильтровальная — ТТФ-11, ткань фильтровальная с лавсаном для автомобильной промышленности — ТФЛА, фильтромиткаль, фильтродиагональ, фильтросванбой суровый без начеса и фильтросванбой суровый с двухсторонним начесом должны вырабатываться из пряжи по ГОСТ 6904, ГОСТ 24662, ОСТ 17-96, ОСТ 17-155, ОСТ 17-549 и нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке.

Ткань фильтросванбой должна вырабатываться двухслойным переплетением неправильного уточного четырехремизного атласа с лица и изнанки, фильтродиагональ - переплетением саржа равносторонняя четырехремизная. Остальные ткани вырабатываются переплетением саржа равносторонняя двухремизная (полотняная).

Ширины фильтровальных тканей должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 11.3.

Таблица 11.3

ирины фильтровальных тканей

Наименование ткани и марки	Ширина ткани, см
БФ, БФ-БД	84,5; 9О; 1ОО; 11О; 118; 128; 14О; 15О; 16О
ТФ-НП	86; 112; 116; 128; 144
ТФНК	86; 112; 116; 128
Фильтросванбой и фильтросванбой “С” без начеса	1О7
Фильтросванбой с начесом	1ОО
Фильтромиткаль	1ОО; 11О
Фильтродиагональ	86,5; 1ОО; 1О5; 112
ТТФ-11	11О; 12О
ТФЛА	11О; 128; 16О
ТФХЛ	1ОО; 11О; 128; 16О

По согласованию изготовителя с потребителем допускается выработка тканей других ширин. Предельное отклонение по ширине тканей устанавливается, см:±1,5 — для тканей шириной до 1ОО см включ.; ±2,О « « « св. 1ОО см.

Физико-механические свойства фильтровальных тканей приведены в табл. 11.4.

Таблица 11.4

Физико-механические показатели тканей

Наименование показателя	Норма для тканей марок			
	ТЛФ-5	ТЛФТ-5	ТЛФ-6	ТЛФ-3ОО-2
Поверхностная плотность, г/м^2	64О±3О	85О±5О	54О±3О	9ОО±5О
Число нитей на 1О см:				
по основе	14О±2	16О±7	5О±2	94±2
по утку	65±2	8О±7	5О±2	46±2
Разрывная нагрузка полоски ткани, даН (кгс), не менее				
для полоски размером 5О×2ОО мм:				
по основе	745 (76О)	76О (775)	372 (38О)	1323 (135О)
по утку	392 (4ОО)	421(43О)	372 (38О)	392 (4ОО)
для полоски размером 25×2ОО мм:				
по основе	372 (38О)	416 (425)	–	662 (675)
по утку	196 (2ОО)	245 (25О)	–	196 (2ОО)
Удлинение при разрыве полоски ткани размером 5О×2ОО мм или 25×2ОО мм, %, не более:				
по основе	3О	7О	24	25
по утку	18	45	24	16
Воздухопроницаемость при давлении 1,55 кПа, м^3/м^2·с	–	О,О75±О,О1	–	–
Усадка ткани, %, не более				
в горячем воздухе:				
по основе	22,О	1,5	–	–
по утку	14,О	1,О	–	–
в кипящей воде:				
по основе	16,О	–	–	3,О
по утку	12,О	–	–	3,О
Водопроницаемость, м3/м2·с, не менее	1,5·1О$^{-3}$	–	–	2,О·1О$^{-3}$
Толщина ткани, мм, не более	1,2	–	–	2,О
Структура нити и вид волокна:				
по основе	НПэф 93,5текс х3S1ОО		НПэф 111текс х х2Z4ООх2S3ОО или НПэфКТ (111текс х2Z1ОО) Z3ООх2S3ОО	НПэфКТ 111текс х6S1ОО
по утку	НПэф 93,5текс х3S1ОО		НПэф111текс х х2Z4ООх2S3ОО или НПэфКТ(111текс х х2Z1ОО) Z3ООх2S3ОО	НПэфКТ 111текс х3S1ОО

П р и м е ч а н и я . В обозначении марки ткани буквы и цифры означают: Т — ткань, Л — лавсановая, Ф — фильтровальная, Т — термообработанная; 5, 6, 3ОО-2 — модификации тканей. В обозначении структуры нити буквы означают: НПэф — нить полиэфирная, НПэфКТ — нить полиэфирная крученая термофиксированная.

Ткани ôильтровальные сеточные (ГОСТ 50534)

Полиамидные сеточные ткани применяются для фильтрования апатитовых и фосфоритовых продуктов горно-химического сырья в качестве каркасной подложки в фильтрующем элементе. В настоящем стандарте применяются следующие обозначения:

ТСПА — ткань сеточная полиамидная; ТСПАФ — ткань сеточная полиамидная фильтровальная. В табл. 11.5 приведены физико-механические показатели данных тканей.

Таблица 11.5

Физико-механические показатели ткани

Наименование показателя	Норма для ткани		
	ТСПА	ТСПАФ суровая	ТСПАФ термообработанная
1. Поверхностная плотность, г/м2	16О±3О	Не менее 2ОО	Не менее 22О
2. Количество нитей на 1О см:			
по основе	85±3	Не менее 3О6	Не менее 32О
по утку	8О±3	Не менее 94	Не менее 98
3. Разрывная нагрузка полоски ткани размером 5О×2ОО мм, даН (кгс), не менее:			
по основе	1О8 (11О)	27О (275)	289 (295)
по утку	88 (9О)	26О (265)	265 (27О)
4. Удлинение при разрыве полоски ткани размером 5О×2ОО мм, %, не более:			
по основе	3О	4О	45
по утку	3О	38	4О
5. Структура нити и вид волокна:			
по основе	Мононить полиамидная диаметром О,3 мм	Мононить полиамидная диаметром О,2 мм	
по утку	То же	НПА 93,5 текс	
6. Толщина ткани, мм:			
по фону	О,65±О,1О	–	–
по кромке	О,95±О,15	–	–
7. Водопроницаемость, дм^3/м^2·с, не менее	–	–	1,79

Приме чания. 1 В обозначении структуры нити буквы означают: НПА — нить капроновая. 2 Норма по водопроницаемости ввелась в действие с О1.О1.96.

Ткани ôильтровальные из стеклянных крученых комплексных нитей (ГОСТ 10146)

Настоящий стандарт распространяется на фильтровальные ткани из стеклянных крученых комплексных нитей.

Фильтровальные ткани (необработанные) предназначаются для фильтрации нейтральных, слабощелочных, кислых жидких и газообразных сред при температуре не выше 35О°С.

Фильтровальные ткани гидрофобизированные (обработанные) предназначаются для обеспыливания промышленных выбросов цементного производства при температуре не выше 3ОО°С.

Фильтровальные ткани должны вырабатываться из стеклонитей алюмоборосиликатного состава стекла с содержанием окислов щелочных металлов не более О,5% по ГОСТ 8325 и алюмомагнезиального состава стекла 7-А с содержанием окислов щелочных металлов не более 1О%.

Физико-механические свойства и марки тканей приведены в табл. 11.6

Таблица 11.6

Физико-механические свойства тканей

Марка ткани	Толщина ткани, мм	Поверхностная плотность ткани, г/м2	Плотность ткани (количество нитей на 1 см)		Разрывная нагрузка полоски ткани размером 25×1ОО мм, Н (кгс), не менее		Наименование переплетения	Воздухопроницаемость ткани при разрежении 1ОО кПа (1О мм вод. ст.), дм³/м² с, не менее
			по основе	по утку	по основе	по утку		
ТСФ(Б)-7с	О,3О +/– О,О3	385 +/– 2О	2О+О,5	15 +/– 1	2254 (23О)	1666 (17О)	Саржа 2/2	75
ТСФР(Б)-7с	О,3О +/– О,О3	385 +/– 2О	2О+О,5	15 +/– 1	2452 (25О)	1864 (19О)	Рукавная ткань на базе саржи 2/2	75
ТСФ(7-А)-7с	О,3О +/– О,О3	385 +/– 2О	2О+О,5	15 +/– 1	196О (2ОО)	147О (15О)	Саржа 2/2	75
ТСФР(7-А)-7с	О,3О +/– О,О3	385 +/– 2О	2О+О,5	15 +/– 1	196О (2ОО)	147О (15О)	Рукавная ткань на базе саржи 2/2	75
ТСФ(7-А)-9п	О,65 +/– О,О7	66О +/– 35	16+О,5	9 +/– 1	1766 (18О)	1668 (17О)	Полотняное	1О
ТСФР(Б)-О	О,36 +/– О,О4	392 +/– 24	2О,5 +/– О,5	15 +/– 1	1764 (18О)	1176 (12О)	Рукавная ткань на базе сатина 4-ремизного усиленного	2ОО

Приме чания.

1. В обозначении марки ткани буквы и цифры означают: Т — ткань, С — из непрерывного стеклянного волокна, Ф — фильтровальная, Р — рукавная, Б — алюмоборосиликатное стекло, (7-А) — алюмомагнезиальное стекло; 6, 7, 9 — номинальный диаметр элементарной нити, с — саржевое переплетение, п — полотняное переплетение, о — обработанная.

2. Ширину ткани в сантиметрах указывают в конце обозначения марки в скобках.

Пример условного обозначения ткани шириной 7О см:

ТСФ(Б)-7с(7О) ГОСТ...

Фильтровальные ткани, выработанные из алюмоборосиликатного стекла, предназначаются для работы в жидких и газообразных нейтральных и слабощелочных средах.

Фильтровальные ткани, выработанные из алюмомагнезиального стекла 7-А, предназначаются для работы в жидких и газообразных кислых средах.

Сукно фильтровальное арт. С-2О, ОСТ Р 17.О3.О11-94

Технические характеристики:

1. Ширина рулона — 142 см.
2. Плотность материала — 341 гр./м2.
3. Разрывная нагрузка полоски ткани размером 5Ох1ОО мм, кгс не менее:
   По основе — 39О
   По утку — 27О
4. Удлинение при разрыве ткани, % не более:
   По основе — 11
   По утку — 23
5. Массовая доля шерстяного волокна не менее 6О%.
6. Толщина ткани — 1,4 мм.
7. Воздухопроницаемость — О,11 м³/м²с;
8. Стойкость к нагреву вплоть до температуры — 21О–22О°С

В отечественной химической и нефтехимической промышленности широко используются следующие марки зарубежных фильтровальных тканей:

PL, TX, PX, PS, KP, KV, KX, KS, PRS; FT-OO7OO, FT-1OOO, FT-O5OO, FT-O3OO, FT-151O; Филта — 1OO, 2O3, 3O1, 3O2, 3O3, 7O2, 5O3,656, 7O4; AGR35, AGR5O; И 3O, 5O, 7O, 1OO; ИТ 2O, 25, 35, 5O, 65; ИSИ 315, 32O, 33O, 335, 345, 365; R 2OO6, 2O11, 2O14, 2O16, 2O24; VL3O/3O, VDF 15O/5O/5O, KBF 452/5OO; FILTRALIGHT 2OO2O, 2OO3O, 2OO4O, 2OO5O, 2OO6O;

– ParapriИt OL2O, OL35, OL5O, OL6O, Parajet;
– Parafil RT2O, RT3O, RT5O, RT6O, RT7O, RT8O, R7OPES, RИ7O;
– Paramoll И927/35P, И927/5OP, И927/7OP, И927/1OOP, И26O/1OO, И968/1OO, И334/15O;
– FILTRADUR 11O2O, 11O3O, 11O4O, 11O5O, 11O6O, 11O7O, 14O2O, 14O25, 14O3O, 14O5O, 14O6O, 14O7O, 14O8O;
– Cooltexx 2652, 2653, 2654, 2662, 2663, 2689, 2693, 344O, 345O, 347O, 643O, 645O, 647O, 6534, 655O, 657O, 723O, 725O, 727O, H721O, 921OИ, 9215;

В отечественной промышленности ещё эксплуатируются фильтрующие ткани, прочностные и фильтрующие свойства, а также технические характеристики которых приведены в табл. 11.7 и 11.8.

Таблица 11.7

Основные прочностные и фильтрующие свойства серийных фильтровальных материалов

Фильтровальный материал	Разрывная нагрузка полоски 5O×1OO мм, Н		Изгибоустойчивость, тыс. циклов		Воздухопроницаемость при 5O Па, дм³/(м²×с)	Степень очистки от частиц, %		Показатель регенерируемости, %
	Основа	Уток	Основа	Уток		кварцевого песка (d_{50}=5 мкм)	бихромата калия (d_{50}=O75 мкм)	
Сукно фильтровальное № 2 арт. 2O	58O	6OO	38	1O8	152	99,7	39	56
Ткань ЦМ арт. 83	79O	58O	83	67	244	99,9	2O	2O
Сукно меланжевое с вискозным волокном арт. 3695	44O	124O	16	33	1O3	99,8	42	3O
Ткань полушерстяная РЦЛ арт. 115	122O	85O	162	1O5	46	99,9	6O	52
Вельветон арт. 36O1	54O	125O	2	9	58	99,9	46	35
Ткань лавсановая арт. Л-3 и Л-4	176O	2O1O	43	16	166	99,5	42	25
Ткань лавсановая арт. 86O13	261O	141O	32	33	136	99,8	37	1O
Ткань лавсановая арт. 86O33	244O	136O	19	17	18O	99,6	32	12
Ткань лавсановая (двойная) арт. 86O31	622O	578O	34	31	69	99,7	67	47
Ткань нитроновая арт. 133	151O	115O	3	3	1O5	99,9	41	68
Ткань стеклянаная ТСФ (Б)-7С ТСФР (Б)-7С ГОСТ 1O146–74	111O	73O	—	—	19O	76,8	37	19
Ткань стеклянная ТСФТ-2-СГФ ТУ 6-11-375–76	328O	2O9O	O,O1	O,O2	244	99,7	36	7
Ткань хлориновая арт. 86OO6	12OO	45O	7	8	244	99,3	31	51
Ткань оксалоновая ТТО-3 и ТТО-4 арт. В-9O3 и В-9O4	326O	312O	5	5	11O	92,3	12	1O
Войлок иглопробивной лавсановый ТУ 17 ЭССР–413–82: арт. 934561 арт. 934569	1OOO 7OO	4OO 5OO	— —	— —	15O 25O	— —	— —	— —
Полотно нетканое холстопрошивное лавсановое арт. 9315O5, 9315O7	87O	23OO	35	23	348	98,9	23	38
Полотно нетканое холстопрошивное лавсановое арт. 9315O6	38O	173O	22	26	611	98,9	21	25
Полотно иглопробивное антистатическое арт. 931521	66O	149O	2OO	139	231	99,8	27	4O

Таблица 11.8

Техническая характеристика серийных фильтровальных материалов

Фильтровальный материал	Удельная масса, г/м²	Толщина, мм	Число нитей на 10 см длины		Толщина нити, текс		Вид переплетения	Вид поставки	Относительная стоимость 1 м² материала по отношению к лавсану арт. 217
			Основа	Уток	Основа	Уток			
Сукно фильтровальное № 2 арт. 20 ГОСТ 6986 (шерсть+хлопок)	341	1,5	228	147	25х2	140	Саржа 2/2	Развернутая	0,33
Ткань ЦМ арт. 83 ТУ 17 РСФСР 42-4791–76 (шерсть+капрон)	500	2,0	106	100	200	200	То же	Рукав бесшовный	1,05
Ткань лавсановая Л-3 арт. 216, Л-4 арт. 217 ТУ 17 РСФСР 8174–75	424	1,0	220	161	84	125	»	Л-3 – шовный рукав, Л-4 – развернутая	1
Ткань лавсановая арт. 8613 ОСТ 17-452–74	310	1,0	389	190	25х2	25х2	»	Развернутая	0,9
Ткань лавсановая арт. 8633 ТУ 17 УССР 3238–78	316	1,0	326	159	34х2	34х2	»	»	1,1
Ткань лавсановая арт. 8631 ТУ 17 РСФСР 8053–75	940	2,8	184	154	84х3	84х3	Двухслойная саржа 2/2	»	1,8
Ткань нитроновая Н арт. 133 ТУ 17 РСФСР 5509–72	426	1,6	104	98	100х2	100х2	Саржа 2/2	Развернутая и в виде шовного рукава	0,94
Ткань нитроновая НМЦ РТУ Каз. ССР 144–73 и РСТ Каз. ССР 331–78	420	1,7	88–90	98–104	50х4	200	Саржа 2/2	Рукав шовный и бесшовный	—
Ткань стеклянная ТСФ (Б)-7С, ТСФР (Б)-7С ГОСТ 10146	426	1,6	104	98	100х2	100х2	То же	ТСФ (Б)-7С развернутая, ТСФР (Б)-7С – в виде бесшовного рукава	0,2
Ткань стеклянная ТСФТ-2-СГФ ТУ 6-11-375–76	610	0,55	200	110	34х4	285	Саржа 3/1	Развернутая	0,42
Ткань хлориновая арт. 8606 ГОСТ 2074	500	1,3	208	90	50х2	50х2	Саржа 2/2	»	—
Сукно меланжевое с вискозным волокном арт. 3695 ГОСТ 12239	305	1,0	384	398	25	50	Усиленный атлас	»	0,25
Ткань оксалоновая ТТО-3 и ТТО-4 арт. В-903 и В-904 ТУ 6-06-31-124–76	500	0,85	120	100	100х2	100х2	Саржа 2/2	»	1,4
Вельветон арт. 3601 ГОСТ 21790	412	1,3	230	420	38	60	То же	»	0,33
Ткань полушерстяная РЦЛ арт. 115 ТУ РСФСР 42-4641–76 (шерсть+полиамидное волокно)	1444	4,1	133	269	250	200	Трехслойная	В виде шовного рукава	1,53

Продолжение табл. 11.8

Фильтровальный материал	Удельная масса, г/м²	Толщина, мм	Число нитей на 10 см длины		Толщина нити, текс		Вид переплетения	Вид поставки	Относительная стоимость 1 м² материала по отношению к лавсану арт. 217
			Основа	Уток	Основа	Уток			
Нетканый иглопробивной антистатический лавсан арт. 931521 ТУ 17-14-43–77	600	3,5	—	—	—	Нить каркаса 29,4	Каркас-сетка «малимо»	Рукав шовный	2,3
Нетканый холстопрошивной лавсан арт. 93156 ТУ 17 РСФСР 6804–74	400	1,85	—	—	—	Прошивочная нить 27,7	Каркас-сукно-цепочка	Развернутая	1,17
Нетканый холстопрошивной лавсан арт. 93155 и арт. 93157 ТУ 17 РСФСР 5910–72	500	2,3	—	—	—	Прошивочная нить 93,4	То же	Арт. 93155 рукав шовный, арт. 93157 развернутая	0,8
Войлок иглопробивной лавсановый ТУ 17 ЭССР 413–82									
арт. 934 561	550	2,0	—	—	—	—	—	Развернутая	0,47
арт. 934 569	330	1,3	—	—	—	—	—		

Примечание. В виде произведения обозначается крученая нить (толщина одинарной нити в текстах на количество нитей).

7АСТЬ III

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАС ЕТ ОСНОВНЫХ 5ЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ТЕХНОЛОГИ ЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ГЛАВА 1k

ОБuИЕ СВЕДЕНИЯ

1k.1. НАЗНА ЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИ ЕСКИХ АММАРАТОВ (СОСУДОВ)

Технологические аппараты (сосуды) предназначаются для осуществления в них химических, физических или физико-химических процессов (химическая реакция, теплообмен без изменения агрегатного состояния, испарение, конденсация, кристаллизация, растворение, выпарка, ректификация, абсорбция, адсорбция, сепарация, фильтрация и т.п.), а также для хранения или перемещения в них различных веществ.

В зависимости от назначения, чаще всего по протекающему технологическому процессу, химические аппараты называются: реактор, теплообменник, испаритель, конденсатор и т.д.

Содержащиеся и перерабатываемые вещества в аппаратах бывают в разном агрегатном состоянии (чаще всего в жидком и газообразном, реже в твердом), различной химической активности (по отношению к конструкционным материалам) — от инертных до весьма агрессивных, для обслуживающего персонала — от безвредных до огневзрывоопасных.

Различные химико-технологические процессы в аппаратах осуществляются при различных, свойственных каждому процессу, давлениях — от глубокого вакуума до избыточного в несколько сот тысяч килопаскалей и самых разнообразных температурах — от –25О до +9ОО°С.

Характер работы аппаратов бывает непрерывный и периодический, а установка их может быть стационарной (в помещении или на открытой площадке) и нестационарной (предусматривающей или допускающей перемещение аппарата).

Стальные сварные аппараты, в зависимости от содержащейся в них среды и ее рабочих параметров, с целью определения методов и объема контрольных операций для сварных соединений подразделяются на пять групп согласно табл. 12.1.

Все технологические аппараты, в зависимости от предъявляемых к ним технических требований, разделяются на подведомственные и не подведомственные Ростехнадзору РФ.

Подведомственными Ростехнадзору РФ являются аппараты, работающие при избыточном давлении свыше О,О7 МПа (без учета гидростатического давления), а также аппараты, работающие без избыточного давления, но при эксплуатации в которых возможно повышение давления свыше О,О7 МПа.

Не подведомственные Ростехнадзору РФ все остальные аппараты: аппараты вместимостью О,О25 м^3, у которых произведение избыточного давления в МПа на вместимость в м^3 не превышает О,О2; аппараты, работающие под вакуумом.

В справочнике рассматриваются аппараты преимущественно цилиндрической формы, имеющие наибольшее применение в аппаратостроении.

Все аппараты наряду с наличием у них своих специфических устройств, как правило, состоят из следующих основных элементов и узлов: цилиндрического корпуса (из одной или нескольких обечаек), днища, крышки, штуцеров (для присоединения трубной арматуры, трубопроводов), устройств для присоединения контрольно-измерительных приборов, люков, опоры, сварных и фланцевых соединений, строповых устройств.

Указанные элементы и узлы являются обычно общими для всех аппаратов. Конструкция и расчет их на прочность рассматриваются в III части справочника.

Собственно аппараты разделены по наиболее удобному для конструирования и расчета их на прочность признаку на три характерных вида: емкостные, теплообменные и колонные.

Отличительным признаком емкостных аппаратов являются все горизонтальные и вертикальные (при соотношении $H/D \leq 5$) аппараты, в которых могут быть различные специальные внутренние устройства, а также наружные обогревающие или охлаждающие рубашки.

Отличительным признаком теплообменных (преимущественно кожухотрубчатых) аппаратов, имеющих наибольшее применение, является наличие у них теплообменной поверхности независимо от положения аппарата (горизонтального или вертикального).

Отличительным признаком колонных аппаратов является их вертикальное положение (при соотношении $H/D > 5$), в которых имеются различные внутренние устройства в виде тарелок или насадки (в сорбционных и ректификационных колоннах).

К ним относятся также комбинированные или агрегатированные аппараты, представляющие собой расположенные друг над другом различные по конструкции и назначению несколько аппаратов, жестко соединенных между собой. Типовые конструкции перечисленных видов аппаратов рассматриваются во втором томе справочника.

Таблица 12.1

Классификация технологических аппаратов (сосудов) по группам (ГОСТ 34347)

Группа	Расчетное давление, МПа	Температура стенки *, °С	Характеристика рабочей среды
1	Под налив и от О до О,О5 включ.	Независимо	Токсичная 1, 2, 3-го классов опасности по ГОСТ 12.1.ОО7
	Св. О,О5 или вакуум		Взрывоопасная, пожароопасная и/или токсичная 1, 2, 3-го классов опасности по ГОСТ 12.1.ОО7
2	От О,О5 до 2,5 включ.	Выше 4ОО	Любая, за исключением указанной для 1-й группы сосудов
	Св. 2,5 до 5,О включ.	Выше 2ОО	
	Св. 5,О	Независимо	
	От О,О5 до 5,О включ.	Ниже –4О	
3	От О,О5 до 2,5 включ.	От –4О до 4ОО	
	Св. 2,5 до 5,О включ.	От –4О до 2ОО	
4	От О,О5 до 1,6 включ.	От –2О до 2ОО	
5	Под налив и от О до О,О5 включ.	Независимо	Любая, за исключением токсичной 1, 2, 3-го классов опасности по ГОСТ 12.1.ОО7
	Вакуум		Взрывобезопасная, пожаробезопасная и/или токсичная 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.ОО7

Приме чание . * Для сосудов, работающих при положительных температурах, принимают расчетную температуру.

Для сосудов, работающих при отрицательных температурах, принимают минимальную рабочую температуру.

Сосуды, работающие при отрицательных температурах от –4О °С до –2О °С или от 2ОО до 4ОО °С при давлении от О,О5 МПа до 1,6 МПа включительно, относятся к 3-й группе.

Группу сосуда с полостями, имеющими различные расчетные параметры и среды, допускается определять для каждой полости отдельно.

1k.k. ОБuИЕ ТЕХНИ ЕСКИЕ ҮСЛОВИЯ НА СОСҮДЫ И АММАРАТЫ СТАЛЬНЫЕ СВАРНЫЕ

Общие технические условия на сосуды и аппараты стальные сварные регламентированы ГОСТ Р 5263О. Данные стандарты не распространяются на:

– сосуды, работающие под вакуумом с остаточным давлением ниже 665 Па (5 мм рт. ст.);
– сосуды, предназначенные для транспортирования нефтяных и химических материалов;
– баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов;
– трубчатые печи;
– резервуары (емкости) для хранения химических и нефтяных продуктов, проектируемые в соответствии со строительными нормами и специальными правилами.

ғсловные обозначения

Далее в тексте применены следующие обозначения:

a — относительная овальность корпуса сосуда;

B — смещение кромок листов по срединной поверхности, мм;

B_1 и B_2 — расстояния между кромками стыкуемых листов, мм;

D — внутренний диаметр элемента (корпус, днище), мм;

$D_н$ — наружный диаметр элемента (корпус, днище), мм;

D_{max} — наибольший внутренний диаметр корпуса (элемента), мм;

$D_{miИ}$ — наименьший внутренний диаметр корпуса (элемента), мм;

$E_{2О}$ — модуль упругости материала при температуре 2О °С, МПа (кгс/см^2);

E_t — модуль упругости материала при расчетной температуре t, МПа (кгс/см^2);

f — увод (угловатость) кромок в стыковых сварных соединениях, мм;

P — расчетное давление, МПа (кгс/см^2);

$P_{пр}$ — пробное давление, МПа (кгс/см^2);

S — толщина стенки обечайки, мм;

S_1 — толщина стенки днища, мм;

t — расчетная температура, °С;

y — расстояние от края днища до края обечайки, мм;

а — угол скоса элементов разной толщины, ...°;

γ — угол проточки, ...°;

$[\sigma]_{20}$ — допускаемое напряжение для материала при температуре 20 °С, МПа (кгс/см^2);

$[\sigma]_t$ — допускаемое напряжение для материала при расчетной температуре t, МПа (кгс/см^2).

1k.3. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУК¡ИИ

Оещие треования

Конструкция сосудов должна быть технологичной, надежной в течение установленного в технической документации срока службы, обеспечивать безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации, предусматривать возможность осмотра (в том числе внутренней поверхности), очистки, промывки, продувки и ремонта, контроля технического состояния сосуда при диагностировании, а также контроля за отсутствием давления и отбора среды перед открытием сосуда.

Если конструкция сосуда не позволяет при техническом освидетельствовании проведение осмотра (наружного или внутреннего), гидравлического испытания, то разработчик сосуда должен в технической документации на сосуд указать методику, периодичность и объем контроля сосуда, выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов.

Расчетный срок службы сосуда устанавливает разработчик сосуда, и он указывается в технической документации.

При проектировании сосудов следует учитывать требования Правил перевозки грузов железнодорожным, водным и автомобильным транспортом.

Сосуды, которые не могут транспортироваться в собранном виде, должны проектироваться из частей, соответствующих по габариту требованиям к перевозке транспортными средствами. Деление сосуда на транспортируемые части следует указывать в технической документации.

Расчет на прочность сосудов и их элементов следует проводить в соответствии с нормативным документом.

Сосуды, транспортируемые в собранном виде, а также транспортируемые части должны иметь строповые устройства (захватные приспособления) для проведения погрузочно-разгрузочных работ, подъема и установки сосудов в проектное положение.

Допускается использовать технологические штуцера, горловины, уступы, бурты и другие конструктивные элементы сосудов при подтверждении расчетом на прочность.

Конструкция, места расположения строповых устройств и конструктивных элементов для строповки, их количество, схема строповки сосудов и их транспортируемых частей должны быть указаны в технической документации.

Опрокидываемые сосуды должны иметь приспособления, предотвращающие самоопрокидывание.

В зависимости от расчетного давления, температуры стенки и характера рабочей среды сосуды подразделяют на группы. Группу сосуда определяет разработчик, но не ниже чем указано в табл. 12.1.

Группу сосуда с полостями, имеющими различные расчетные параметры и среды, допускается определять для каждой полости отдельно. Сосуды, работающие под вакуумом или при давлении менее 0,07 МПа, независимо от расчетного давления, а также под наливом, следует отнести к группе 5.

Треования к конструированиф

Для стальных цилиндрических аппаратов, корпусы (обечайки) которых выполняются из листового проката, за базовый принимается внутренний диаметр, мм, выбираемый из следующего ряда (ГОСТ 9617): 400, 450*, 500, 550*, 600, 650*, 700, 800, 900, 1000, 1100*, 1200, 1300*, 1400, 1500*, 1600, 1700*, 1800, 1900*, 2000, 2200, 2400, 2500, 2600, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600, 3800, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10 000, 11 000, 12 000, 14 000, 16 000, 18 000, 20 000.

Примечания. 1. Диаметры со знаком* предназначены только для рубашек аппарата. 2. Допускается стальные эмалированные аппараты, а также аппараты из высоколегированных никельсодержащих сталей изготовлять диаметрами 250; 300 и 350 мм.

Внутренний диаметр сосуда или аппарата, изготовляемого из цветных металлов и сплавов, должен быть выбран из следующего ряда: 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2200, 2400, 2500, 2600, 2800, 3000, 3200 3400, 3600, 3800, 4000 мм.

Для стальных аппаратов, корпусы которых выполняются из готовых труб, за базовый принимается наружный диаметр, мм, выбираемый из следующего ряда (ГОСТ 9617): 133, 159, 168, 219, 273, 325, 377, 426, 480, 530, 630, 720, 820, 920, 1020, 1120, 1220, 1320, 1420.

Конструкция аппаратов должна предусматривать возможность внутреннего осмотра, очистки, промывки и продувки. Внутренние устройства, препятствующие осмотру, должны быть съемными. Рубашки (для наружного обогрева или охлаждения) допускается выполнять приварными.

1k.4. ДНИuА, КРЫШКИ, МЕРЕХОДЫ

В сосудах применяют днища: эллиптические, полусферические, торосферические, сферические неотбортованные, конические отбортованные, конические неотбортованные, плоские отбортованные, плоские неотбортованные, плоские, присоединяемые на болтах.

Заготовки выпуклых днищ допускается изготовлять сварными из частей с расположением сварных швов согласно указанным на рис. 12.1.

Рис. 12.1. Расположение сварных швов заготовок выпуклых днищ:
где l и l_1 — расстояния от оси заготовки эллиптических и торосферических днищ до центра сварного шва

Расстояния l и l_1 должны быть не более 1/5 внутреннего диаметра днища. При этом для вариантов в), д), ж), и), к), л) сумма расстояний $l + l_1$ должна быть не менее 1/5 внутреннего диаметра днища.

При изготовлении заготовок с расположением сварных швов согласно рис. 12.1, м количество лепестков не регламентируется.

Выпуклые днища допускается изготовлять из штампованных лепестков и шарового сегмента. Количество лепестков не регламентируется.

Если по центру днища устанавливают штуцер, то шаровой сегмент допускается не изготовлять.

Круговые швы выпуклых днищ, изготовленных из штампованных лепестков и шарового сегмента или заготовок с расположением сварных швов со- гласно рис. 12.1, м должны быть расположены от центра днища на расстоянии по проекции не более 1/3 внутреннего диаметра днища. Для полусфе- рических днищ расположение круговых швов не регламентируется.

Наименьшее расстояние между меридиональными швами в месте их примыкания к шаровому сегменту или штуцеру, установленному по центру днища вместо шарового сегмента, а также между меридиональными швами и швом на шаровом сегменте, должно быть более трехкратной толщины днища, но не менее 1ОО мм по осям швов.

Основные размеры эллиптических днищ должны соответствовать ГОСТ 6533. Допускаются другие базовые диаметры эллиптических днищ при условии, что высота выпуклой части не менее О,25 внутреннего диаметра днища.

Полусферические составные днища (см. рис. 12.2) применяют в сосудах при выполнении следующих условий:

– нейтральные оси полушаровой части днища и переходной части обечайки корпуса должны совпадать; совпадение осей должно быть обеспечено соблюдением размеров, указанных в конструкторской документации;

– смещение t нейтральных осей полушаровой части днища и обечайки корпуса не должно превышать О,5(s – $s1$);

– высота h переходной части обечайки корпуса должна быть не менее 3y.

Рис. 12.2. Узел соединения днища с обечайкой:
где s — толщина стенки обечайки;
$s1$ — толщина стенки днища; R — радиус полусферического днища по нейтральной оси;
h — высота переходной части обечайки корпуса;
t — смещение нейтральных осей полушаровой части днища и обечайки корпуса; y — расстояние между наружной (внутренней) цилиндрической поверхностью обечайки корпуса и наружной (внутренней) сферической поверхностью днища

Сферические неотбортованные днища допускается применять в сосудах 5-й группы, за исключением работающих под вакуумом.

Сферические неотбортованные днища в сосудах *1*, 2, 3, 4-й групп и в сосудах, работающих под вакуумом, допускается применять только в качестве элемента фланцевых крышек.

Сферические неотбортованные днища (см. рис. 12.3) должны:

– иметь радиус сферы R не менее О,85D и не более D;

– привариваться сварным швом со сплошным проваром.

Рис. 12.3. Сферическое неотбортованное днище:
где D — внутренний диаметр днища;
R — радиус сферы по внутреннему диаметру

Торосферические днища должны иметь:

– высоту выпуклой части, измеренную по внутренней поверхности, не менее О,2 внутреннего диаметра днища;

– внутренний радиус отбортовки не менее О,О95 внутреннего диаметра днища;

– внутренний радиус кривизны центральной части не более внутреннего диаметра днища.

Конические неотбортованные днища или переходы допускается применять:

а) для сосудов 1, 2, 3, 4-й групп, работающих под внутренним давлением, если центральный угол при вершине конуса не более 45°. Допускается использование конических днищ и переходов с углом при вершине более 45° при условии дополнительного подтверждения их прочности расчетом по допускаемым напряжениям в соответствии с ГОСТ 34233.1 (пункт 8.1О);

б) для сосудов, работающих под наружным давлением или вакуумом, если центральный угол при вершине конуса не более 6О°.

Ограничения, приведенные в перечислениях а) и б), не распространяются на сосуды под налив и сосуды, работающие под давлением от О до О,О5 МПа.

Части выпуклых днищ в сочетании с коническими днищами или переходами применяют без ограничения угла при вершине конуса.

Плоские днища в сосудах, работающих под избыточным давлением или под вакуумом, применяемые в сосудах 1, 2, 3, 4-й групп, необходимо изготовлять из поковок [см. рис. 12.4, а, б] или отбортованными из листового проката [см. рис. 12.4, в], если отбортовка выполнена штамповкой или обкаткой кромки листа с изгибом на 9О°.

б)

в)

Рис. 12.4. Плоские днища:
где D — внутренний диаметр обечайки; s — толщина обечайки; s_1 — толщина днища; s_2 — наименьшая толщина днища в месте кольцевой выточки; h_1 — длина отбортовки днища; r — радиус закругления днища; r_1 — радиус кольцевой выточки; γ — угол проточки днища

При этом необходимо выполнять следующие условия:

– расстояние от начала закругления плоской части днища до оси сварного шва не менее $0,25\sqrt{DS}$;

– радиус закругления $r \geq \max(s;\ 0,25s1)$;

а)

– радиус кольцевой выточки $r_1 \geq$ О,25*s1*, но не менее 8 мм;
– наименьшая толщина днища в месте кольцевой вы- точки $S_2 \geq$ О,8*s1*, но не менее толщины обечайки *s*;
– длина отбортовки днищ $h_1 \geq$ r;
– угол проточки γ должен составлять от 3О° до 9О°;
– зона А контролируется в направлениях *z* согласно требованиям п. 4.4.2. ГОСТ 34347.

Основные размеры плоских днищ, предназначен- ных для сосудов 5-й группы, для сосудов 1-й группы, работающих под налив, а также сосудов, работающих под давлением от О до О,О5 МПа, должны соответство- вать ГОСТ 12622 или ГОСТ 12623.

Длина цилиндрического борта l в зависимости от толщины стенки *s* (см. рис. 12.5) для отбортованных и переходных элементов сосудов, за исключением шту- церов, компенсаторов и выпуклых днищ, должна быть не менее указанной в табл. 12.3. Радиус отбортовки *R* не менее 2,5*s*.

Рис. 12.5. Отбортованный и переходный элементы:
где s — толщина стенки для отбортованных и переходных элементов сосуда; R — радиус отбортовки;
L — длина цилиндрического борта (участка)

Таблица 12.3

Длина цилиндрического борта

Толщина стенки s, мм	Длина цилиндрического борта l, мм, не менее
До 5 включ.	15
Св. 5 до 10 включ.	2s + 5
Св. 10 до 20 включ.	s + 15
Св. 20 до 150 включ.	s/2 + 25
Св. 150	100

Люки, лючки, бобышки и штуцера

Сосуды должны быть снабжены люками или смотровыми лючками, обеспечивающими осмотр, очистку, безопасность работ по защите от корро- зии, монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств, ремонт и контроль сосудов. Количество люков и лючков определяет разработчик сосуда. Люки и лючки необходимо располагать в доступных для пользования местах.

Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм должны иметь люки.

Внутренний диаметр люка круглой формы у сосудов, устанавливаемых на открытом воздухе, должен быть не менее 450 мм, а у сосудов, располагаемых в помещении, — не менее 400 мм. Размер люков овальной формы по наименьшей и наибольшей осям должен быть не менее 325 х 400 мм.

Внутренний диаметр люка у сосудов, не имеющих корпусных фланцевых разъемов и подлежащих внутренней антикоррозионной защите неметаллическими материалами, должен быть не менее 800 мм.

Допускается проектировать сосуды без люков:

– сосуды, предназначенные для работы с веществами 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007, не вызывающими коррозии и накипи, независимо от их диаметра, при этом следует предусмотреть необходимое количество смотровых лючков;

– сосуды с приварными рубашками и кожухотрубчатые теплообменные аппараты независимо от их диаметра;

– сосуды, имеющие съемные днища или крышки, а также обеспечивающие возможность проведения внутреннего осмотра без демонтажа трубопровода горловины или штуцера.

Сосуды с внутренним диаметром не более 800 мм должны иметь круглый или овальный лючок. Размер лючка по наименьшей оси должен быть не менее 80 мм.

Каждый сосуд должен иметь бобышки или штуцера для наполнения водой и слива, удаления воздуха при гидравлическом испытании. Для этой цели допускается использовать технологические бобышки и штуцера.

Штуцера и бобышки на вертикальных сосудах должны быть расположены с учетом возможности проведения гидравлического испытания как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях.

Для крышек люков массой более 20 кг должны быть предусмотрены приспособления для облегчения их открывания и закрывания.

Шарнирно-откидные или вставные болты, закладываемые в прорези, хомуты и другие зажимные приспособления люков, крышек и фланцев, должны быть предохранены от сдвига или ослабления.

Расположение отверстий

Расположение отверстий в эллиптических и полусферических днищах не регламентируется.

Расположение отверстий на торосферических днищах допускается в пределах центрального сферического сегмента. При этом расстояние от наружной кромки отверстия до центра днища, измеряемое по хорде, должно быть не более 0,4 наружного диаметра днища.

Отверстия для люков, лючков и штуцеров в сосудах 1, 2, 3, 4-й групп должны быть расположены, как пра-

вило, вне сварных швов.

Допускается расположение отверстий на продольных и кольцевых швах цилиндрических и конических обечаек, выпуклых днищ без ограничения диаметра отверстий при условии 1ОО%-ной проверки сварных швов радиографическим или ультразвуковым методом, если нет других указаний в технической документации.

Треґования к оИорам

Цилиндрические и конические опоры из углеродистых и низколегированных сталей допускается применять для сосудов из коррозионно-стойкой стали при условии, что приварку опоры к сосуду проводят с использованием промежуточной обечайки из коррозионно-стойкой стали.

Приварку опор-стоек, опор-лап, цапф, монтажных штуцеров и других несущих устройств из углеродистой и низколегированной сталей к корпусу сосуда из коррозионно-стойкой стали следует выполнять с использованием подкладных пластин из материала того же класса, что и материал корпуса.

Для горизонтальных сосудов угол охвата седловой опоры, как правило, должен быть не менее 12О°.

При наличии температурных расширений в продольном направлении в горизонтальных сосудах необходимо выполнять неподвижной лишь одну седловую опору, остальные опоры — подвижными. Указание об этом должно содержаться в технической документации.

Седловые опоры теплообменных аппаратов с извлекаемыми трубными пучками должны выдерживать продольную силу, эквивалентную 1,5 массы трубного пучка теплообменника.

Треґования к внутренним и наруƒным устроуствам

Внутренние устройства в сосудах (змеевики, тарелки, перегородки и др.), препятствующие осмотру и ремонту, как правило, должны быть съемными.

При использовании приварных устройств необходимо выполнять требования 3.1.1. ГОСТ 34347.

Внутренние и наружные приварные устройства необходимо конструировать так, чтобы было обеспечено удаление воздуха и полное опорожнение аппарата при гидравлическом испытании в горизонтальном и вертикальном положениях.

Рубашки и змеевики, применяемые для наружного обогрева или охлаждения сосудов, могут быть съемными и приварными.

У всех глухих частей сборочных единиц и элементов внутренних устройств должны быть дренажные отверстия диаметром не менее 6 мм для обеспечения полного слива (опорожнения) жидкости в случае остановки сосуда.

У всех наружных глухих элементов (например, накладки), не работающих под давлением, должны быть дренажные отверстия в самых низких местах.

Вместо дренажного отверстия допускается оставить пропуск в нижнем сварном шве длиной 15 — 2О мм.

Наружные кольца жесткости сосудов с теплоизоляцией должны быть полностью заизолированы на всю толщину теплоизоляции.

1k. . ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

Оеґщие треґования

Требования к основным материалам, их пределы применения, назначение, условия применения, виды испытаний должны удовлетворять требованиям табл. 2.1–2.25 главы 2 данного справочника. Допускается применение импортных материалов, если их применение предусмотрено соответствующими техническими регламентами на сосуды, работающие под давлением.

Материалы, применяемые для изготовления деталей и сборочных единиц, работающих под давлением, должны быть в термообработанном состоянии (кроме листового проката по ГОСТ 14637). В сертификате материала должен быть указан режим термообработки. При отсутствии термической обработки (а также в случае указаний в сертификате данных о термической обработке образцов) термическая обработка материала должна быть проведена на предприятии — изготовителе сосуда по режимам, указанным в технических условиях* на поставку материала. Режим термической обработки материала должен быть занесен в паспорт сосуда.

Качество и характеристики материалов должны быть подтверждены предприятием-поставщиком в соответствующих сертификатах.

Сертификаты на материалы следует хранить на предприятии — изготовителе сосуда не менее назначенного срока службы сосуда.

При отсутствии сопроводительных сертификатов на материалы или данных об отдельных видах испытаний должны быть проведены испытания на предприятии — изготовителе сосуда в соответствии с требованиями настоящего стандарта, стандартов или технических условий* на эти материалы.

При выборе материалов для изготовления сосудов необходимо учитывать расчетное давление, температуру стенки (максимальную и минимальную), химический состав и характер среды, технологические свойства и коррозионную стойкость материалов, а также климатические условия района установки сосудов.

Для сосудов из углеродистых, низколегированных, марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей, устанавливаемых на открытой площадке или в неотапливаемом помещении, минимальную темпе-

* Действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта

ратуру стенки при выборе материалов устанавливают по строительным нормам и правилам государств, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта, и принимают равной:

– абсолютной минимальной температуре окружающего воздуха района установки сосуда*, если температура стенки сосуда, находящегося под давлением или вакуумом, может принять температуру наружного воздуха;
– температуре наружного воздуха наиболее холодных суток района установки сосуда** с обеспеченностью 0,92, если температура стенки сосуда, находящегося под давлением или вакуумом, не может принять температуру окружающего воздуха;
– минимальной температуре рабочей среды, если температура стенки сосуда, находящегося под давлением или вакуумом, ниже температуры наружного воздуха наиболее холодных суток района установки сосуда*** с обеспеченностью 0,92.

При этом пуск, остановку и испытания на герметичность выполняют в соответствии с главой 27 справочника, если нет других указаний в технической документации.

Изготовление сосудов из хромистых, хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей, устанавливаемых на открытой площадке или в неотапливаемом помещении, допускается, если рабочая температура эксплуатации положительная. При этом пуск, остановку и испытания на герметичность выполняют в соответствии с главой 27 справочника.

Материал опор, проектируемых, рассчитываемых и изготовляемых в соответствии с настоящим стандартом, ГОСТ 34233.5 и ГОСТ 34233.9, выбирают по строительным нормам и правилам государств, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта, и принимают с учетом температуры наружного воздуха наиболее холодных суток района установки сосуда**** с обеспеченностью 0,92.

Элементы, привариваемые непосредственно к корпусу сосуда изнутри или снаружи (лапы, цилиндрические опоры, подкладные листы, подкладки под фирменные пластинки, опорные кольца под тарелки и др.), необходимо изготовлять из материалов того же структурного класса, что и корпус, если в технической документации на сосуд нет соответствующего обоснования применения материалов разных структурных классов.

* В Российской Федерации согласно СП 131.1330.2012 СНиП 23-01-99* Строительная климатология.

** В Российской Федерации согласно СП 131.1330.2012 СНиП 23-01-99* Строительная климатология и СП 16.1330.2017 СНиП II-23-81* Стальные конструкции.

*** Там же.

**** В Российской Федерации согласно СП 131.1330.2012 СНиП 23-01-99* Строительная климатология и СП 16.1330.2017 СНиП II-23-81* Стальные конструкции.

Коррозионно-стойкие стали (лист, трубы, сварочные материалы, поковки, отливки и штампованные детали) при наличии требований должны быть проверены на стойкость к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТ 6032.

Допускается снижение нижнего температурного предела применения листового и сортового проката, труб и поковок из углеродистых и низколегированных сталей не более чем на 20 °С, если:

– при расчете на прочность допускаемые напряжения уменьшены не менее чем в 1,35 раза и проводится термообработка сосуда;
– при расчете на прочность допускаемые напряжения уменьшены не менее чем в 2,85 раза без проведения термообработки сосуда.

Листовая сталь

В углеродистых и низколегированных сталях содержание серы и фосфора должно быть указано в процентах (%) соответственно не более: по ГОСТ 5520, ГОСТ 1577 — 0,025 и 0,035; по ГОСТ 19281 — 0,025 и 0,030; по ГОСТ 14637 — 0,04 и 0,030.

Для проката по ГОСТ 5520, ГОСТ 14637, ГОСТ 19281 допускается переводить сталь из одной категории в другую при условии проведения необходимых дополнительных испытаний в соответствии с требованиями указанных стандартов.

Коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная толстолистовая сталь по ГОСТ 7350 должна быть термически обработанной, травленой, с качеством поверхности по группе М2б. По указанию разработчика сосуда должны быть оговорены требования по содержанию ферритной фазы.

Листовая сталь, за исключением сталей аустенитного класса, толщиной листа более 30 мм, предназначенная для сосудов, работающих под давлением, должна быть полистно проконтролирована на сплошность ультразвуковым или другим равноценным методом. Методы контроля должны соответствовать ГОСТ 22727, нормы контроля — 1-му классу по ГОСТ 22727.

Листы из двухслойных сталей, предназначенные для сосудов, работающих под давлением, необходимо контролировать ультразвуковым методом на сплошность сцепления слоев полистно. Нормы контроля — по 1-му классу сплошности по ГОСТ 10885.

Твердость плакирующего слоя должна быть не более 220 НВ.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний сортовой стали и сплавов в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 4.26, а механические свойства — в табл. 4.27.

Трубы

При заказе труб по ГОСТ 9940 необходимо оговаривать требования по очистке от окалины и термообработке труб.

Трубы, закрепляемые в сосудах методом развальцовки, необходимо испытывать на раздачу, в остальных случаях — на загиб или сплющивание в соответствии со стандартами на трубы.

Допускается применять бесшовные трубы без проведения гидравлического испытания на предприятии — изготовителе труб в случае, если труба подвергается по всей поверхности контролю физическими методами (ультразвуковым или равноценным).

Рекомендуемые материалы для стальных труб и сплавов приведены в табл. 4.32.

Поковки

Каждая поковка из углеродистой, низколегированной и легированной сталей, предназначенная для работы под номинальным давлением более 6,3 МПа и имеющая один из габаритных размеров (диаметр) более 200 мм и/или толщину более 50 мм, должна быть проконтролирована ультразвуковым или другим равноценным методом. Поковки из аустенитных и аустенитно-ферритных высоколегированных сталей, работающие под давлением более указанного номинального давления, необходимо подвергать неразрушающему контролю при наличии этого требования.

Контролю ультразвуковым или другим равноценным методом необходимо подвергать не менее 50% объема поковки.

Методика и нормы оценки качества должны соответствовать требованиям*.

Каждая поковка для плоских днищ, кроме поковок из высоколегированных сталей, должна быть проконтролирована ультразвуковым методом в зоне А в направлении z [рис. 12.4] по всей площади.

Рекомендуемые марки материалов, технические требования и виды испытаний стальных поковок в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 4.47.

Стальные отливки

Стальные отливки необходимо применять в термообработанном состоянии с проверкой механических свойств после термической обработки.

Отливки из легированных и коррозионно-стойких сталей подвергают контролю макро- и микроструктуры и испытанию на стойкость к межкристаллитной коррозии при наличии требований в технических условиях**.

Каждую полую отливку, работающую при давлении свыше 0,05 Мпа (0,7 кгс/см^2), подвергают гидравлическому испытанию пробным давлением, указанным в технических условиях *** и ГОСТ 356.

Испытание отливок, прошедших на предприятии-изготовителе 100%-ный контроль неразрушающими методами, допускается совмещать с испытанием собранного узла или сосуда пробным давлением, установленным для узла или сосуда.

Рекомендуемые марки материалов для стальных отливок приведены в табл. 4.52, а их механические характеристики в табл. 4.54.

Крепежные детали

Требования к материалам, виды их испытаний, пределы применения, назначение и условия применения должны удовлетворять требованиям, изложенным в табл. 4.60.

Материалы шпилек и болтов необходимо выбирать с коэффициентом линейного расширения, близким по значению коэффициенту линейного расширения материала фланца. При этом разница в значениях коэффициентов линейного расширения не должна превышать 10%. Возможность применения материалов шпилек (болтов) и фланцев с коэффициентами линейного расширения, значения которых отличаются между собой более чем на 10%, должна быть подтверждена расчетом на прочность.

Для шпилек (болтов) из аустенитных сталей допускается применять гайки из сталей других структурных классов.

Для сталей одного структурного класса твердость гаек должна быть ниже твердости шпилек (болтов) не менее чем на 15 НВ.

Допускается применять крепежные детали из сталей марок 30Х, 35Х, 38ХА, 40Х, 30ХМА, 35ХМ, 25Х1МФ, 25Х2М1Ф, 20Х1М1ФТР, 20Х1М1Ф1БР, 18Х12ВМБФР, 37Х12Н8Г8МФБ для соединений при температуре минус 60°С при условии проведения испытаний на ударную вязкость на образцах типа 11 по ГОСТ 9454. Значение ударной вязкости при температуре минус 60°С должно быть не ниже 30 Дж/см^2.

Сварочные и наплавочные материалы

Сварочные и наплавочные материалы должны соответствовать применяемым технологиям сварки, обладать технологическими характеристиками, обеспечивающими установленные свойства сварных соединений. Также при выборе материалов следует учитывать требования 4.1.4, ГОСТ 34347.

Материалы следует поставлять с сертификатами качества предприятия-изготовителя, подтверждающими их характеристики.

Хранение и условия применения сварочных и наплавочных материалов должны соответствовать указаниям производителя данных материалов.

---

* Действует только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

** Действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межго-

сударственного стандарта

*** Там же.

1k.6. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ

Общие требования

Перед изготовлением (доизготовлением), монтажом и ремонтом следует проводить входной контроль основных и сварочных материалов и полуфабрикатов.

Во время хранения и транспортирования материалов должна быть исключена возможность повреждения материалов и обеспечена возможность сличения нанесенной маркировки с данными сопроводительной документации.

На листах и плитах, принятых к изготовлению обечаек и днищ, должна быть сохранена маркировка металла. Если лист и плиту разрезают на части, на каждую из них должна быть перенесена маркировка металла листов и плит. Маркировка должна содержать следующие данные:

– марку стали (для двухслойной стали — марки основного и коррозионно-стойкого слоев);
– номер партии плавки;
– номер листа (для листов с полистными испытаниями и двухслойной стали);
– клеймо технического контроля.

Маркировку наносят в соответствии с подразделом 1О.1.4 ГОСТ Р 5263О.

Маркировка должна быть расположена на стороне листа и плиты, не соприкасающейся с рабочей средой, в углу на расстоянии 3ОО мм от кромок.

Методы разметки заготовок деталей из сталей аустенитного класса марок 12Х18Н1ОТ, 1ОХ17Н13М3Т, О8Х17Н15М3Т и др. и двухслойных сталей с коррозионно-стойким слоем из этих сталей не должны допускать повреждений рабочей поверхности деталей.

Кернение допускается только по линии реза.

На поверхности обечаек, днищ и других элементах корпуса не допускаются риски, забоины, царапины, раковины и другие дефекты, если их глубина превышает минусовые предельные отклонения, предусмотренные соответствующими стандартами и техническими условиями.

Поверхности деталей должны быть очищены от брызг металла, полученных в результате термической (огневой) резки и сварки.

Заусенцы должны быть удалены, и острые кромки деталей и узлов притуплены.

Предельные отклонения размеров, если в чертежах или нормативных документов (НД) не указаны более жесткие требования, должны быть:

– для механически обрабатываемых поверхностей: отверстий H14, валов h14, остальных $\pm\frac{IT14}{2}$ — по ГОСТ 25347;
– ля поверхностей без механической обработки, а также между обработанной и необработанной поверхностями — в соответствии с таблицей 12.13.

Оси резьбовых отверстий деталей внутренних устройств должны быть перпендикулярны к опорным поверхностям. Допуск перпендикулярности должен быть в пределах 15-й степени точности по ГОСТ 24643, если в чертежах или НД не предъявлены более жесткие требования.

Методы сборки элементов под сварку должны обеспечивать правильное взаимное расположение сопрягаемых элементов и свободный доступ к выполнению сварочных работ в последовательности, предусмотренной технологическим процессом.

Таблица 12.4

Предельные отклонения размеров поверхностей

Размер, мм	Предельное отклонение по ГОСТ 25347 и ГОСТ 26179		
	отверстий	валов	остальных
До 5ОО включ.	H17	h17	$\pm\frac{IT17}{2}$
Св. 5ОО до 315О включ.	H16	h16	$\pm\frac{IT16}{2}$
Св. 315О	H15	h15	$\pm\frac{IT15}{2}$

ЂорИусы

Обечайки корпусов диаметром до 1ООО мм следует изготовлять не более чем с двумя продольными швами.

Обечайки сосудов 1-й, 2-й групп диаметром свыше 1ООО мм следует изготовлять из листов максимально возможной длины с минимальным числом продольных швов. Допускается одна вставка шириной не менее 6Q$\sqrt{}$ 2 Ds, но не менее 4ОО мм.

Вальцовку обечаек из листов, изготовленных прокат- кой, рекомендуется проводить так, чтобы направление прокатки было перпендикулярно к продольной оси сосуда. После сборки и сварки обечаек корпус (без днищ) должен удовлетворять следующим требованиям:

а) отклонение по длине не более +/– О,3% номи- нальной длины, но не более +/– 5О мм;

б) отклонение от прямолинейности не более 2 мм на длине 1 м, но не более 3О мм при длине корпуса свыше 15 м.

При этом местную непрямолинейность не учитывают:

– в местах сварных швов;
– в зоне вварки штуцеров и люков в корпус;
– в зоне сопряжения разнотолщинных обечаек, выполненного с учетом допустимых смещений кромок в кольцевых швах сосудов.

Усиления кольцевых и продольных швов на внутренней поверхности корпуса должны быть зачищены в местах, где они мешают установке внутренних устройств, а также при наличии указаний в технической документации.

Усиления сварных швов, как правило, не снимают у корпусов сосудов, изготовленных из двухслойных и коррозионно-стойких сталей; при этом у деталей внутренних устройств делают местную выемку в местах прилегания к сварному шву.

Допускается зачистка усиления продольных и кольцевых швов корпуса на внутренней и наружной поверхностях на всей протяженности, если это потребуется для обеспечения точности калибровки обечаек корпуса или в других технически обоснованных случаях. При этом должна быть предусмотрена технология сварки, обеспечивающая коррозионную стойкость зачищенного шва.

При зачистке усилений швов корпуса не должно быть утонения стенки корпуса.

Отклонение внутреннего (наружного) диаметра корпуса сосудов допускается не более +/- 1% номинального диаметра, если в технической документации не оговорены более жесткие требования.

Относительная овальность корпуса сосудов а (за исключением аппаратов, работающих под вакуумом или наружным давлением, теплообменных кожухотрубчатых аппаратов) не должна превышать 1%.

Относительную овальность корпуса сосудов а, %, вычисляют по формулам:

– в местах, где не установлены штуцера и люки

$$a = \frac{2^{\wedge}D_{max} - D_{miИ}h}{D_{max} + D_{miИ}} 100; \qquad (1)$$

где D_{max}, $D_{miИ}$ — соответственно наибольший и наименьший внутренние диаметры корпуса, измеренные в одном поперечном сечении;

– в местах установки штуцеров и люков

$$a = \frac{2^{\wedge}D_{max} - D_{miИ} - 0,02dh}{D_{max} + D_{miИ}} 100, \qquad (2)$$

где d — внутренний диаметр штуцера или люка.

Значение а допускается увеличивать до 1,5% для сосудов при отношении толщины корпуса к внутреннему диаметру не более О,О1.

Значение а для сосудов, работающих под вакуумом или наружным давлением, должно быть не более О,5%.

Значение а для сосудов без давления (под налив) должно быть не более 2%.

Для выверки горизонтального положения базовая поверхность горизонтального сосуда должна быть указана в технической документации. На одном из днищ корпуса должны быть нанесены несмываемой краской две контрольные риски для выверки бокового положения сосуда на фундаменте.

По требованию заказчика для выверки вертикального положения вверху и внизу корпуса под углом 9О° должны быть предусмотрены у изолируемых сосудов две пары приспособлений для выверки, а у неизолируемых — две пары рисок.

Корпусы вертикальных сосудов с фланцами, имеющими уплотнительные поверхности «шип-паз» или «выступ-впадина», для удобства установки прокладки необходимо выполнять так, чтобы фланцы с пазом или впадиной были нижними.

Днища

Допустимое отклонение внутреннего (наружного) диаметра в цилиндрической части отбортованных и полусферических днищ и относительная овальность не должны превышать соответствующих значений для корпуса.

Днища эллиптические

Отклонения размеров и формы днищ (см. рис. 12.6) не должны превышать значений, указанных в 12.5 – 12.7.

Рис. 12.6. Отклонение размеров и формы эллиптического днища:
где *1* — шаблон; D — внутренний диаметр днища; s' — толщина днища; Δm — допуск наклона; T — высота вогнутости или выпуклости; Δr и ΔR — зазоры между шаблоном и эллипсоидной поверхностью днища; h — высота цилиндрической части днища; Δh — отклонение высоты цилиндрической части днища

Таблица 12.5

Допуски высоты цилиндрической части и высоты выпуклости (вогнутости) на эллипсоидной части днища

Диаметр днища D, мм	Предельное отклонение высоты цилиндрической части Δh, мм	Предельная высота отдельной вогнутости или выпуклости на эллипсоидной части T, мм
До 720	± 5	2
От 800 до 1300		3
От 1320 и более		4
Примечания. 1. Высота отдельной вогнутости или выпуклости T на эллипсоидной части днища, изготавливаемого на фланжировочном прессе, допускается до 6 мм. 2. На цилиндрической части днища не допускаются гофры высотой более 2 мм.		

Таблица 12.6

Допуски наклона цилиндрической части

Толщина днища S', мм	Допуски наклона Δm, мм
До 20	4
От 22 до 25	5
От 28 до 34	6
От 36 и более	8

Таблица 12.7

Допуски формы эллипсоидной поверхности

Диаметр днищ D, мм	Зазор между шаблоном и эллипсоидной поверхностью, мм	
	Δr	ΔR
До 530	4	8
От 550 до 1400	6	13
От 1500 до 2200	10	21
От 2400 до 2800	12	31
От 3000 и более	16	41

Для днищ, изготовляемых штамповкой, допускается утонение в зоне отбортовки до 15% от исходной толщины заготовки.

Контроль формы готового днища следует проводить шаблоном длиной 0,5 внутреннего диаметра днища. Высоту цилиндрической части следует измерять линейкой по ГОСТ 427.

Днища полусферические

Высота отдельной вогнутости или выпуклости T (рис. 12.7, *а*) на поверхности днищ должна быть не более 4 мм.

Зазоры ΔR и Δr между шаблоном и сферической поверхностью днища из лепестков и шарового сегмента (рис. 12.7, *б, в*) должны быть не более ± 5 мм при внутреннем диаметре днища до 5000 мм и ± 8 мм при внутреннем диаметре днища более 5000 мм. Зазор ΔR может быть увеличен в 2 раза, если $S_1 \geq 0{,}85S$ (S — толщина обечайки, S_1 — толщина днища).

Рис. 12.7. Отклонение формы полусферического днища:
1 — шаблон

Зазоры ΔR и Δr между шаблоном и сферической поверхностью штампованного днища должны быть не более значений, указанных в табл. 12.16.

Контроль формы готового днища проводят шаблоном длиной не менее 1/6 внутреннего диаметра днища.

Днища конические (переходы)

У конических днищ (переходов) продольные и кольцевые швы смежных поясов могут быть расположены не параллельно образующей и основанию конуса. При этом должны быть выполнены требования п. 5.3.12 ГОСТ 34347.

Утонение толщины стенки отбортовки конических днищ (переходов), изготовляемых штамповкой, должно соответствовать требованию для эллиптических днищ.

Отклонения высоты цилиндрической части днища допускаются не более плюс 10 и минус 5 мм.

Днища плоские

Отклонение от плоскостности для плоских днищ по ГОСТ 12622 и ГОСТ 12623 не должно превышать требований по отклонению от плоскостности на лист по ГОСТ 19903 и ГОСТ 10885.

Отклонение от плоскостности для плоских днищ, работающих под давлением, после приварки их к обечайке не должно превышать 0,01 внутреннего диаметра сосуда, но не более 20 мм при условии, что в технической документации не указаны более жесткие требования.

Фланцы

Технические требования к фланцам сосудов — по ГОСТ 28759.5, арматуры — по ГОСТ 33259.

Фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью не допускается применять в сосудах 1-й и 2-й групп, за исключением тех случаев, когда во фланцевых соединениях использованы спирально навитые прокладки с двумя ограничительными кольцами или прокладки других типов, отвечающие следующим критериям:

– прокладка должна обеспечивать герметичность фланцевого соединения в рабочих условиях с учетом температуры, давления и состава среды;
– конструкция прокладки должна обеспечивать автоматическое центрирование при сборке фланцевого соединения и предотвращать возможность выдавливания прокладки в плоскости привалочной поверхности.

Это ограничение не распространяется на фланцы сосудов, работающих под налив и до давления 0,05 МПа.

Для фланцевых соединений эмалированных и гуммированных сосудов следует применять прокладки, исключающие возможность повреждения уплотнительной поверхности (спирально навитые прокладки и др.).

При выборе материала прокладок необходимо учитывать условия эксплуатации сосуда. Сведения о прокладках необходимо указывать в технической документации на сосуд.

Приварные встык фланцы необходимо изготовлять из поковок, штампованных заготовок (деталей) или раскатных колец.

Применение литых фланцев, в том числе изготовленных из центробежно-литых заготовок, не допускается.

Приварные встык фланцы допускается изготовлять вальцовкой заготовки по плоскости листа (см. рис. 12.8) для сосудов, работающих под давлением не более номинального давления 2,5 МПа, при соблюдении следующих условий:

– поверхность исходной заготовки параллельна оси обработанного фланца;
– сварные швы, соединяющие части вальцованной заготовки, должны быть стыковыми и проконтролированы радиографическим или ультразвуковым методом в 100%-ном объеме;
– заготовки из углеродистых и низколегированных сталей подлежат термообработке согласно 5.11.1 ГОСТ 34347. При этом в качестве толщины принимают меньшее из двух значений: b или $1/2(D_н — D)$ (b — толщина тарелки фланца; $D_н$ и D — наружный и внутренний диаметры фланца соответственно);
– наружная поверхность втулки фланца подлежит магнитопорошковому или капиллярному контролю.

Рис. 12.8. Схема вальцовки фланца приварного встык по плоскости листа:
где *1* — толщина листа; *2* — ось фланца; *3* — волокно; *4* — лист

Приварные встык фланцы допускается изготовлять точением из сортового проката.

Плоские приварные фланцы допускается изготовлять из листового проката.

Плоские фланцы допускается изготовлять сварными из частей при условии выполнения сварных швов с полным проваром по всему сечению фланца, а также выполнения требований перечисления а) 5.11.1. ГОСТ 34347.

Качество радиальных сварных швов должно быть проверено радиографическим или ультразвуковым методом в 100%-ном объеме.

Корпусные фланцы сосудов из двухслойной стали необходимо изготовлять из стали основного слоя двухслойной стали или из стали этого же класса с защитой уплотнительной и внутренней поверхностей фланца от коррозии наплавкой или облицовкой из коррозионно-стойкой стали.

Для контроля герметичности сварных соединений облицовки фланцев необходимо предусматривать контрольные отверстия под резьбу М10 по ГОСТ 8724.

Длина шпилек (болтов) фланцевых соединений должна обеспечивать превышение резьбовой части над гайкой не менее чем на 1,5 шага резьбы.

Плоские фланцы допускается изготовлять сварными из частей при условии выполнения сварных швов с полным проваром по всему сечению фланца.

Качество радиальных сварных швов должно быть проверено радиографическим или ультразвуковым методом в объеме 1ОО %.

Корпусные фланцы сосудов из двухслойной стали следует изготовлять из стали основного слоя двухслойной стали или из стали этого же класса с защитой уплотнительной и внутренней поверхностей фланца от коррозии наплавкой или облицовкой из коррозионно-стойкой стали.

Для контроля герметичности сварных соединений облицовки фланцев необходимо предусматривать контрольные отверстия под резьбу М1О по ГОСТ 8724.

Длина шпилек (болтов) должна обеспечивать превышение резьбовой части над гайкой не менее чем на 1,5 шага резьбы.

ртуцера, люки, укрепляющие кольца

Патрубки штуцеров и люков допускается изготовлять вальцованными из листового проката, труб и поковок. Патрубки штуцеров и люков допускается изготовлять из сортового проката с наружным диаметром не более 16О мм, толщиной не более 4О мм, длиной до 2ОО мм включительно.

Заготовки для штуцеров и люков должны быть в термически обработанном состоянии и должны подвергаться радиографическому или ультразвуковому контролю по всему объему. Необходимость термической обработки заготовок, изготовленных из листового проката вальцовкой и сваркой, определяется согласно 5.11.1. ГОСТ 34347.

Патрубки штуцеров и люков сосудов из двухслойных сталей могут быть изготовлены:

– из двухслойной стали той же марки или того же класса;
– с коррозионно-стойкой наплавкой внутренней поверхности патрубка;
– с применением облицовочных гильз.

Толщина наплавленного слоя после механической обработки должна быть не менее 3 мм и не менее 6 мм при наличии требований по межкристаллитной коррозии и указана в технической документации. Толщина облицовки должна быть не менее 3 мм.

Для сред, не вызывающих коррозионное растрескивание, штуцера сосудов из двухслойной стали с основным слоем из углеродистой или марганцево-кремнистой стали и плакирующим слоем из хромистой коррозионно-стойкой стали или хромоникелевой аустенитной стали допускается изготовлять из хромоникелевой аустенитной стали при номинальном диаметре штуцера не более 1ОО мм, расчетной температуре не более 4ОО°С.

Использование штуцеров с номинальным диаметром не более 1ОО мм, расчетной температурой более 4ОО°С допускается при условии подтверждения статической и малоцикловой прочности узлов врезки расчетом с учетом стесненности температурных деформаций в соответствии с ГОСТ 34233.1 (пункт 8.1О) и ГОСТ 34233.6.

Торцы штуцеров сосудов и люков из двухслойной стали и швы приварки их к корпусу должны быть защищены от корродирующего действия среды наплавкой или накладкой.

Толщина наплавленного слоя должна быть не менее указанной в 5.5.2. ГОСТ 34347. Толщина накладок должна быть не менее 3 мм.

При установке штуцеров и люков:

– позиционное отклонение (в радиусном измерении) осей штуцеров и люков допускается не более ± 1О мм;
– отклонения диаметров отверстий под штуцера и люки должны быть в пределах зазоров, допускаемых для сварных соединений по конструкторской документации;
– оси отверстий для болтов и шпилек фланцев не должны совпадать с главными осями сосудов и должны быть расположены симметрично относительно этих осей, при этом отклонение от симметричности допускается не более ± 5°;
– отклонение по высоте (вылету) штуцеров допускается не более ± 5 мм.

Для контроля на герметичность при наличии облицовочной гильзы необходимо предусмотреть контрольное отверстие с резьбой М1О по ГОСТ 8724.

При приварке к корпусу сосуда бобышек, патрубков штуцеров и люков, укрепляющих колец расстояние *И* между краем шва корпуса и краем шва приварки детали (рис. 12.9) принимается в соответствии с требованиями подраздела 5.9.6 ГОСТ Р 34347.

Рис. 12.9. Схема определения расстояния между краем шва корпуса и краем шва приварки детали:
1 — шов приварки патрубка или укрепляющего кольца;
2 — шов корпуса

Укрепляющие кольца допускается изготовлять из частей, но не более чем из четырех. При этом сварные швы следует выполнять с проваром на полную толщину кольца.

В каждом укрепляющем кольце или каждой его части, если сварку частей проводят после установки их на сосуд, должно быть не менее одного контрольного

отверстия с резьбой М10 по ГОСТ 8724. Контрольное отверстие следует располагать в нижней части кольца или полукольца по отношению к сосуду, устанавливаемому в эксплуатационное положение, и оно должно быть открытым.

Укрепляющие кольца должны прилегать к поверхности укрепляемого элемента. Зазор допускается не более 3 мм. Зазор контролируют щупом по наружному диаметру укрепляющего кольца.

Змеевики

При изготовлении гнутых змеевиков следует соблюдать следующие условия:

а) расстояние между сварными стыками в змеевиках спирального, винтового и других типов должно быть не менее 4 м. Длина замыкающей трубы с каждого конца должна быть не менее 500 мм, за исключением случая приварки к замыкающей трубе патрубка, штуцера или отвода.

При горячей гибке труб с наполнителем допускается не более одного сварного стыка на каждом витке при условии, что расстояние между сварными стыками не менее 2 м;

б) в змеевиках с приварными двойниками (двойные колена) на прямых участках труб длиной не менее 2 м допускается один сварной стык, исключая швы приварки двойников.

Примечание. При горячей гибке вручную труб с наполнителем для змеевиков с диаметром витка не более 1,3 м допускается не более двух стыков на каждом витке. Для змеевиков с диаметром витка более 1,3 м количество стыков не нормируется, но при этом расстояние между стыками должно быть не менее 2 м.

Для сварки стыков труб допускается применять все виды сварки, за исключением газовой сварки, при соблюдении требований подразделов 5.9–5.11 ГОСТ 34347.

Применение газовой сварки допускается только для труб условным диаметром до 80 мм с толщиной стенки не более 4 мм.

Грат снаружи и внутри трубы после контактной сварки следует удалять методом, принятым на предприятии-изготовителе.

Концы труб, подлежащие контактной сварке, должны быть очищены снаружи и внутри от грязи, масла, заусенцев. При этом не допускается исправление дефектов, дефектные стыки должны быть вырезаны. В местах вырезки допускается вставка отрезка трубы длиной не менее 200 мм.

На каждый крайний сварной стык, независимо от способа сварки, наносят клеймо, позволяющее установить фамилию сварщика, выполнявшего эту работу.

Место клеймения следует располагать на основном металле на расстоянии не более 100 мм от стыка.

Отклонение от перпендикулярности торца труб наружным диаметром не более 100 мм относительно оси трубы не должно превышать:

– 0,4 мм при контактной сварке;
– 0,6 мм при газовой и электродуговой сварках.

Отклонение от перпендикулярности торца труб наружным диаметром более 100 мм должно соответствовать нормам, принятым на предприятии-изготовителе.

Холодная раздача концов труб из углеродистой стали при их подгонке допускается для труб наружным диаметром не более 83 мм и толщиной стенки не более 6 мм на не более чем на 3 % внутреннего диаметра трубы.

Отклонение от крутости в местах гиба труб и сужения внутреннего диаметра в зоне сварных швов не должны превышать 10 % наружного диаметра труб. Отклонение от круглости следует проверять для труб диаметром не более 60 мм при радиусе гиба менее четырех диаметров пропусканием контрольного шара, а для остальных труб — измерением наружного диаметра.

Диаметр контрольного шара должен быть равен:

– 0,9d — для труб без гибов, за исключением труб с подкладными остающимися кольцами (d — фактический наименьший внутренний диаметр труб);
– 0,8d — для гнутых сварных труб, за исключением гнутых труб в горячем состоянии или с приварными коленами;
– 0,86d — для гнутых в горячем состоянии труб;
– 0,75d — для гнутых труб с приварными коленами.

Отклонение от номинального размера диаметра контрольного шара не должно превышать 1,5 мм.

Смещение кромок B стыкуемых труб (рис. 12.10) в стыковых соединениях определяют шаблоном и щупом, и оно не должно превышать значений, указанных в табл. 12.8.

Рис. 12.10. Схема определения смещения кромок стыкуемых труб: *1* — шаблон

Отклонение от прямолинейности ΔL оси трубы на расстоянии 200 мм от оси шва (рис. 12.11) определяют шаблоном и щупом, и оно не должно превышать значений, указанных в табл. 12.9.

Рис. 12.11. Схема определения отклонения от прямолинейности оси трубы: *1* — шаблон

Таблица 12.8

Смещение кромок стыкуемых труб

Номинальная толщина стенки трубы *S*, мм	Смещение кромок *B*, мм
До 3 включ.	0,2*S*
Св. 3 до 6 включ.	0,1*S* + 0,3
Св. 6 до 10 включ.	0,15*S*
Св. 10 до 20 включ.	0,05*S* + 1,0
Св. 20	0,1*S*, но не более 3 мм

Таблица 12.9

Отклонение от прямолинейности оси трубы

Номинальная толщина стенки трубы *S*, мм	Δ*L*, мм
До 3 включ.	0,2*S* + 1,0
Св. 3 до 6 включ.	0,1*S* + 1,3
Св. 6 до 10 включ.	0,15*S* + 1,0
Св. 10 до 20 включ.	0,05*S* + 2,0
Св. 20	0,1*S* + 1,0, но не более 4 мм

При изготовлении гнутых змеевиков (рис. 12.12) предельные отклонения размеров должны быть следующие:

± 6 мм — для L;

± 5 мм — для L_1 и t_2;

± 4 мм — для t_3;

± 10 мм — для D.

Предельные отклонения радиусов R_1, R_2, R_3, R_4, диаметра D_1, шага t_3 и излома оси в швах приварки выводов устанавливают по чертежам предприятия-изготовителя.

Примечание. Допускается отклонение размеров L и L_1 (если эти размеры более 6 м) увеличивать на 1 мм на каждый 1 м длины, но не более чем на 10 мм на всю длину.

Рис. 12.12. Размеры гнутых змеевиков

Контроль сварных швов змеевиков следует проводить в соответствии с требованиями подразделов 7.2-7.1О ГОСТ 34347.

Объем контроля сварных швов радиографическим или ультразвуковым методом должен быть не менее 3% (но не менее двух сыков, выполненных каждым сварщиком по всей длине соединения.

Змеевики следует подвергать до установки в сосуд гидравлическому испытанию пробным давлением, указанным в чертежах предприятия- изготовителя. При испытании не должно быть признаков течи и потения.

Отводы и гнутые трубы

Отводы должны удовлетворять требованиям ГОСТ 17375, ГОСТ 1738О и чертежам предприятия-изготовителя.

Отводы следует изготовлять с углом гиба 45°, 6О°, 9О° и 18О°.

Отводы, гнутые из труб под углом 18О°, допускается изготовлять сварными из двух отводов под углом 9О°.

Изменение угла гиба допускается по соглашению с заказчиком.

Крутоизогнутые отводы допускается изготовлять из труб и листового проката. При изготовлении секторных отводов угол между поперечными сечениями секторов не должен превышать 3О°. Расстояние между соседними сварными швами по внутренней стороне отвода должно обеспечивать доступность контроля этих швов с обеих сторон по наружной поверхности.

Применение секторных отводов в сосудах 1-й и 2-й групп не допускается для $Dy \leq 8OO$ мм.

Предельные отклонения размеров и допуск плоскостности торцов Δ отводов и гнутых труб не должны превышать значений, указанных в табл. 12.1О.

Таблица 12.1О

Предельные отклонения размеров и допуск плоскостности отводов и гнутых труб

Толщина отводов или гнутых труб *S*, мм	Предельные отклонения, мм		Допуск плоскостности Δ, мм
	внутреннего диаметра	толщины стенки	
От 2,5 до 3,О включ.	± О,5	± О,125 *S*	± О,5
От 3,5 до 4,5 включ.	± 1,О		± 1,О
От 5,О до 6,О включ.	± 1,5	± О,125 *S*	± 1,5
От 7,О до 8,О включ.	± 2,О		
От 9,О до 15,О включ.	± 2,5		
От 16,О и более	± 3,О		

Предельные отклонения размеров L_1, L_2, L_3 отводов (рис. 12.13) не должны превышать значений, указанных в табл. 12.11.

Таблица 12.11

Предельные отклонения размеров L_1, L_2, L_3 отводов

Условный проход отводов, мм	Предельные отклонения размеров L_1, L_2, L_3, мм
До 125 включ.	± 2,О
Св. 125 до 2ОО включ.	± 3,О
Св. 2ОО до 35О включ.	± 4,О
Св. 35О до 5ОО включ.	± 5,О
Св. 5ОО	± 6,О

Рис. 12.13. Схема определения размеров *L*1, *L*2, *L*3, Δ отводов в зависимости от угла изгиба

12.6. Требования к сварке и наплавке

Сварку корпусов сосудов 1, 2, 3 и 4-й групп, а также сварку внутренних устройств, если они относятся к указанным группам, должны проводить сварщики, аттестованные в соответствии с Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства, имеющие удостоверения установленной формы.

Сосуды в зависимости от конструкции и размеров могут быть изготовлены с применением всех видов промышленной сварки, за исключением газовой сварки. Применение газовой сварки допускается только для труб диаметром до 8О мм и толщиной стенки не более 4 мм. Применяемая технология сварки должна быть аттестована в соответствии с НТА.

Сварку и наплавку сосудов (сборочных единиц, деталей) следует проводить в соответствии с требованиями технических условий на изготовление или технологической документации.

Технологическая документация должна содержать указания по:

- технологии сварки и наплавки материалов, принятой для изготовления сосудов (сборочных единиц, деталей);
- видам и объему контроля;
- предварительному и сопутствующему подогреву;
- термической обработке.

Все сварочные работы при изготовлении сосудов (сборочных единиц и деталей) следует проводить при положительных температурах.

При выполнении сварочных работ на открытой площадке сварщик и место сварки должны быть защищены от непосредственного воздействия дождя, ветра и снега. Температура окружающего воздуха должна быть не ниже указанной в табл. 12.12.

Таблица 12.12

Температура окружающего воздуха при сварке сосудов

Материал	Температура окружающего воздуха при сварке металла толщиной	
	не более 16 мм	более 16 мм
Углеродистая сталь с содержанием углерода менее О,24 %, низколегированные марганцовистые и марганцево-кремнистые стали и основной слой из этих сталей в двухслойной стали	Ниже О °С до минус 2О °С сварка без подогрева. При температуре ниже минус 2О °С сварка с подогревом до 1ОО °С — 2ОО °С	Ниже О °С до минус 2О °С* сварка с подогревом до 1ОО °С — 2ОО °С
Углеродистая сталь с содержанием углерода от О,24 % до О,28 %	Ниже О °С до минус 1О °С* сварка без подогрева	Ниже О °С до минус 1О °С* сварка с подогревом до 1ОО °С — 2ОО °С
Низколегированные хромомолибденовые стали (марок 12МХ, 12ХМ, 15ХМ) и основной слой из этих сталей в двухслойной стали	Ниже О °С до минус 1О °С* сварка с подогревом до 25О °С — 35О °С	
Стали марок 15Х5, 15Х5М, 15Х5ВФ, Х8, Х9М, 12Х8ВФ и т.д.	Не ниже О °С	
Высоколегированные, хромоникельмолибденовые и хромоникелевые стали аустенитного класса и коррозионно-стойкого слоя из этих сталей в двухслойной стали	Ниже О °С до минус 2О °С* сварка без подогрева	
* При температуре ниже указанной сварка не допускается.		

Форма подготовки кромок должна соответствовать требованиям технической документации или проекта.

Кромки подготовленных под сварку элементов сосудов должны быть зачищены на ширину не менее 2О мм, а для электрошлаковой сварки — на ширину не менее 5О мм. Кромки не должны иметь следов ржавчины, окалины, масла и прочих загрязнений. Кромки должны проходить визуальный осмотр для выявления пороков металла. Не допускаются расслоения, закаты, трещины, а для двухслойной стали также и отслоения коррозионно-стойкого слоя.

При толщине листового проката более 36 мм зону, прилегающую к кромкам, дополнительно следует контролировать ультразвуковым методом на ширине не менее 5О мм для выявления трещин, расслоений и т.д.

Размеры дефектов не должны превышать допустимых размеров для сварных соединений соответствующих групп сосудов и аппаратов в соответствии с подразделом 5.1О ГОСТ 34347.

В случае обнаружения недопустимых дефектов исправления проводят в соответствии с типовой или специальной разработкой.

Все сварные швы подлежат клеймению, позволяющему установить сварщика, выполнявшего эти швы. Клеймо наносят на расстоянии 2О–5О мм от кромки сварного шва с наружной стороны. Если шов с наружной и внутренней сторон заваривается разными сварщиками, клейма ставят только с наружной стороны через дробь: в числителе клеймо сварщика с наружной стороны шва, в знаменателе клеймо сварщика с внутренней стороны. Если сварные соединения сосуда выполнены одним сварщиком, то допускается клеймо ставить около таблички или на другом открытом участке.

У продольных швов клеймо должно быть расположено в начале и в конце шва на расстоянии 1ОО мм от кольцевого шва. На обечайке с продольным швом длиной менее 4ОО мм допускается ставить одно клеймо. Для кольцевого шва клеймо следует выбивать в месте пересечения кольцевого шва с продольным и далее через каждые 2 м, но при этом должно быть не менее двух клейм на каждом шве. На кольцевой шов сосуда диаметром не более 7ОО мм допускается ставить одно клеймо.

При толщине стенки менее 4 мм вместо клеймения сварных швов допускается прилагать к паспорту сосуда схему расположения сварных швов с указанием фамилий сварщиков и их подписью.

1k.Z. ТРЕБОВАНИЯ К ИСМОЛНЕНИЮ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИŇ

При сварке обечаек и труб, приварке днищ к обечайкам необходимо применять стыковые швы с полным проплавлением.

Допускается применять угловые и тавровые швы при приварке штуцеров, люков, труб, трубных решеток, плоских днищ и фланцев.

Допускается применять нахлесточные сварные швы для приварки укрепляющих колец и опорных элементов.

Не допускается применение угловых и тавровых швов для приварки штуцеров, люков, бобышек и других деталей к корпусу с неполным проплавлением (конструктивным зазором):

– в сосудах 1, 2, 3-й групп при диаметре отверстия более 12О мм, сосудах 4-й группы при диаметре отверстия более 275 мм;
– в сосудах 1, 2, 3 и 4-й групп из низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей, находящихся под рабочим давлением, с температурой стенки ниже минус 3О°С без термообработки и ниже минус 4О°С с термообработкой;
– в сосудах всех групп, предназначенных для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, независимо от диаметра патрубка, за исключением случаев, когда предусмотрена засверловка отверстия в зонах конструктивного зазора.

Не допускается применение конструктивного зазора в соединениях фланцев с патрубками сосудов, работающих под давлением более 2,5 МПа и/или при температуре более 3ОО°С или ниже минус 4О°С, и фланцев с обечайками и днищами сосудов, работающих под давлением более 1,6 МПа и/или при температуре более 3ОО°С или ниже минус 4О°С. Не допускается конструктивный зазор в этих сварных соединениях независимо от рабочих параметров в сосудах, предназначенных для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание.

Форма и расположение сварных швов сосудов должны обеспечивать возможность их визуального измерительного контроля и контроля неразрушающим методом (ультразвуковым, радиографическим и др.) в требуемом объеме, а также устранения в них дефектов.

Допускается в сосудах 1, 2, 3 и 4-й групп не более одного стыкового шва корпуса, в сосудах 5-й группы – не более четырех стыковых швов корпуса, в теплообменниках – не более двух стыковых швов корпуса, доступных для визуального и измерительного контроля при изготовлении только с одной стороны.

Продольные сварные швы горизонтально устанавливаемых сосудов должны быть расположены вне центрального угла, равного 14О°, нижней части корпуса, если нижняя часть недоступна для визуального контроля, на что должно быть указано в проектной документации.

Места пересечения сварных швов сосудов не следует перекрывать опорами, накладками и другими элементами.

Местное перекрытие кольцевых сварных швов седловыми опорами горизонтальных аппаратов, подвесными опорами вертикальных аппаратов, накладками, подкладными листами и другими элементами допускается на общей длине не более $0,5\pi D_{\text{Н}}$ (Dн – наружный диаметр) при условии, что перекрываемые участки швов по всей длине проконтролированы визуальным и радиографическим или ультразвуковым методом и выполнены требования 5.2.3. ГОСТ 34347.

Перекрытие продольных швов круговыми опорами горизонтальных аппаратов с углом охвата 36О° допускается при 1ОО%-ном контроле радиографическим или ультразвуковым методом перекрываемых участков швов.

Расстояние между продольным швом корпуса горизонтального сосуда и швом приварки опоры должно приниматься:

– не менее $\sqrt{Ds}$ для нетермообработанного сосуда (D – внутренний диаметр сосуда, s – толщина обечайки);

– в соответствии с требованием 5.9.6 ГОСТ 34347 для термообработанного сосуда.

Расстояние между краем шва приварки внутренних и внешних устройств и краем ближайшего стыкового шва корпуса должно быть не менее 2О мм.

Допускается пересечение стыковых швов корпуса угловыми швами приварки внутренних и внешних устройств (опорных элементов, тарелок, рубашек, перегородок и т.п.) при условии, что перекрываемые участки швов по всей длине предварительно проконтролированы визуальным и радиографическим или ультразвуковым методом и выполнены требования 5.2.3. ГОСТ 34347.

тролированы визуальным и радиографическим или ультразвуковым методом контроля и выполнены требования 5.2.3 ГОСТ 34347.

При пересечении стыковых швов корпуса угловыми швами приварки внутренних и внешних устройств под углом (не в перпендикулярном направлении) длина перекрываемой угловым швом части стыкового шва корпуса не должна превышать трехкратную ширину этого стыкового шва корпуса.

При приварке колец жесткости к обечайке общая длина сварного шва с каждой стороны кольца должна быть не менее половины длины окружности.

Для сосудов из двухслойных сталей с основным металлом из хромомолибденовой и хромомолибденованадиевой сталей допускается приварка к плакирующему слою корпусов и днищ внутренних устройств, не нагруженных давлением, без удаления плакирующего слоя в местах наложения угловых швов, если толщина привариваемого элемента не превышает 16 мм. При этом приварку осуществляют двусторонним швом.

Возможность приварки к плакирующему слою элементов толщиной более 16 мм либо приварки элементов толщиной не более 16 мм односторонним швом должна быть согласована с автором технической документации.

Допускается не смещать или смещать на меньшее значение указанные швы относительно друг друга:

– в сосудах, работающих под давлением не более 1,6 МПа (16 кгс/см^2)и при температуре не более 4ОО °С, толщиной стенки не более 3О мм при условии, что эти швы выполняют автоматической или электрошлаковой сваркой, а места пересечения швов контролируют радиографическим или ультразвуковым методом в объеме 1ОО %;
– в сосудах 5 группы независимо от способа сварки.

При сварке стыковых сварных соединений элементов разной толщины необходимо предусмотреть плавный переход от одного элемента к другому постепенным утонением более толстого элемента. Угол скоса а элементов разной толщины (рис. 12.14 а, б, в, г, е) должен быть не более 2О° (уклон 1:3). Сварку патрубков разной толщины допускается выполнять в соответствии с рис. 12.14 д, е. При этом расстояние l должно быть не менее толщины S , но не менее 2О мм, а радиус $r \geq S_2$ **í** S .

Допускается выполнять сварку стыковых швов без предварительного утонения более толстого элемента, если разность в толщинах соединяемых элементов не превышает 3О% толщины более тонкого элемента, но не более 5 мм; при этом форма шва должна обеспечивать плавный переход от толстого элемента к тонкому. В сосудах, выполняемых из двухслойной стали, скос осуществляется со стороны основного слоя.

Рис. 12.14. Стыковка элементов разной толщины

Смещение кромок В листов в стыковых соединениях (рис. 12.15) определяют по срединной поверхности в местах стыка по оси шва, не должно превышать значений, указанных в табл. 12.13.

Рис. 12.17. Смещение кромок:
B — смещение кромок, B_1 и B_2 — расстояния между поверхностями листов стыкуемых элементов;
s — наименьшая толщина листа стыкуемых элементов;
s_1 — большая толщина листа стыкуемых элементов

Примечание. При измерении смещения В кромок листов толщиной s и s_1 в стыковых соединениях необходимо учитывать, что:

$$B_1 \le 0{,}5(s_1 - s) + B;\ B_2 \le 0{,}5(s_1 - s) - B.$$

При смещении поверхностей стыкуемых элементов с учетом допустимого настоящим пунктом смещения кромок форма шва должна обеспечивать плавные переходы между стыкуемыми элементами с уклоном 1:3 с наружной и внутренней сторон за счет наплавки дополнительного металла шва.

При сварке биметаллических сосудов:

– смещение кромок в продольных швах обечаек и штуцеров, в хордовых и меридиональных швах выпуклых днищ, а также в свариваемых заготовках днищ со стороны плакирующего слоя не должно превышать 0,1s, но не более 50% толщины плакирующего слоя, если сварной шов выполняется без предварительного снятия плакирующего слоя у кромки стыка;
– смещение кромок по срединной поверхности основного металла не должно превышать значений, указанных в табл. 12.13, если сварной шов выполняется с предварительным снятием плакирующего слоя у кромки стыка. При этом перед наплавкой коррозионно-стойкого слоя должен быть обеспечен плавный переход между стыкуемыми элементами по основному металлу с уклоном 1:3 с наружной и внутренней сторон за счет наплавки дополнительного металла шва.

Увод (угловатость) f кромок (рис. 12.16) в стыковых сварны соединениях не должен превышать $f = 0{,}1S + 3$ мм, но не более соответствующих значений для элементов, указанных в табл. 12.24, в зависимости от внутреннего диаметра D обечаек и днищ (S — толщина обечайки или днища).

Таблица 12.13

Смещение кромок в стыковых соединениях монометаллических сосудов

Толщина свариваемых листов s, мм	Максимально допустимое смещение стыкуемых кромок, мм	
	в продольных швах обечаек и штуцеров, хордовых и меридиональных швах выпуклых днищ, а также в свариваемых заготовках днищ	в кольцевых швах сосудов*
До 20 включ.	0,1s, но не более 3	0,1s + 1
Св. 20 до 50 включ.		0,15s, но не более 5
Св. 50 до 100 включ.		0,04s + 3,5
Св. 100		0,025s + 5, но не более 10

Примечание. * Смещение кромок в кольцевых швах, выполняемых электрошлаковой сваркой, не должно превышать 5 мм

Рис. 12.16. Контроль увода кромок продольных и кольцевых сварных соединений: *1* — шаблон; *2* — линейка

Таблица 12.24

Максимально допустимый увод кромок в стыковых сварных соединениях обечаек и днищ

Максимальный увод (угловатость) *f* кромок в стыковых сварных соединениях, мм				
обечаек	днищ из лепестков		конических днищ	
Независимо от *D*	*D* ≤5000 мм	*D* >5000 мм	*D* ≤2000 мм	*D* >2000 мм
5	6	8	5	7

Увод (угловатость) кромок в продольных сварных соединениях обечаек и конических днищ, стыковых сварных соединениях днищ из лепестков определяют шаблоном длиной 1/6*D* (рис. 12.16 а, б), а в кольцевых сварных соединениях обечаек и конических днищ — линейкой длиной 2ОО мм (рис. 12.16 в, г). Увод (угловатость) кромок определяют без учета усиления шва.

При защите от коррозии элементов сосудов способом наплавки толщина наплавленного слоя после механической обработки должна быть указана в проекте.

Сварные стыковые соединения сталей, разнородных по термомеханическим свойствам (например, сталей перлитного и аустенитного классов), допускаются в конструкции при подтверждении расчетом на прочность и с соблюдением следующих условий:

– толщина материала в местах сварки соединения не должна превышать 36 мм для углеродистых сталей и 3О мм для марганцево-кремнистых сталей (марок 16ГС, 17ГС, О9Г2С и др.);
– среда не должна вызывать коррозионное растрескивание.

Технология сварки, качество и контроль сварных соединений из разнородных сталей должны соответствовать требованиям НД, утвержденного в установленном порядке.

1k.8. ТРЕБОВАНИЯ К КА ЕСТВУ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИŃ

Механические свойства сварных соединений после всех циклов термической обработки должны быть не ниже норм, указанных в табл. 12.14.

Таблица 12.14

Наименование показателя	Минимальные нормы механических свойств сварных соединений					
	для углеродистых сталей	для низколегированных марганцовистых и марганцевокремнистых сталей	для хромистых, хромомолибденовых и хромованадиевовольфрамовых сталей	для сталей: 1ОХ2М1А, 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2ГНМ, 15Х2МФА	для аустенитноферритных сталей	для аустенитных сталей
Временное сопротивление разрыву при температуре 2О ºС	Не ниже нижнего значения временного сопротивления разрыву основного металла по стандарту или техническим условиям для данной марки стали					
Минимальная ударная вязкость, Дж/см2 (кгс·м/см2):						
– при температуре +2О ºС						
на образцах KCV	35 (3,5)	35 (3,5)	35 (3,5)	5О (5,О)	3О (3,О)	—
на образцах KCU	5О (5,О)	5О (5,О)	5О (5,О)	—	4О (4,О)	—
– при температуре ниже –2О ºС						
на образцах KCV	2О (2,О)	2О (2,О)	2О (2,О)	5О (5,О)	2О (2,О)	—
на образцах KCU	3О (3,О)	3О (3,О)	3О (3,О)	—	3О (3,О)	—
Минимальный угол изгиба, ...°:						
– при толщине не более 2О мм	1ОО	8О	5О	—	8О	1ОО
– при толщине более 2О мм	1ОО	6О	4О	—	6О	1ОО
Твердость металла шва сварных соединений НВ, не более	—	—	24О	225 (для стали 15Х2МФА-235)	22О	2ОО

Примечания.

1. Твердость металла шва и переходного слоя в коррозионностойком слое сварных соединений из двухслойных сталей не должна превышать 22О НВ.

2. Виды испытаний и гарантированные нормы механических свойств по временному сопротивлению разрыву и ударной вязкости стыковых сварных соединений типа «лист + поковка», «лист + литье», «поковка + поковка», «поковка + труба», «поковка + сортовой прокат» должны соответствовать требованиям, предъявляемым к материалам с более низкими показателями механических свойств.

Контроль механических свойств, а также металлографическое исследование или испытание на стойкость к межкристаллитной коррозии образцов этих соединений предусматриваются разработчиком технической документации.

Для сварных соединений типа «лист + поковка», «лист + литье», «поковка + поковка», «поковка + труба», «поковка + сортовой прокат» угол изгиба должен быть не менее:

– 7О° — для углеродистых сталей и сталей аустенитного класса;

– 5О° — для низколегированных марганцовистых и марганце- во-кремнистых сталей, высоколегированных сталей аустенитно-фер- ритного класса;

– 3О° — для низколегированных и среднелегированных (хроми- стых и хромомолибденовых) сталей и высоколегированных сталей ферритного класса.

3. Твердость металла шва сварных соединений из стали марки 12ХМ, выполненных ручной электродуговой сваркой ванадийсодер- жащими электродами, должна быть не более 26О НВ, при условии что относительное удлинение металла шва будет не менее 18%. Твердость металла шва сварных соединений из стали марки 15Х5МУ должна быть не более 27О НВ.

*Действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие ме- жгосударственного стандарта.

В сварных соединениях не допускаются следующие поверхностные дефекты:

– трещины всех видов и направлений;
– свищи;
– подрезы;
– наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры;
– смещение и совместный увод кромок свариваемых элементов свыше норм, предусмотренных настоящим стандартом;
– несоответствие формы и размеров швов требованиям стандартов, технических условий или проекта;
– поры, выходящие за пределы норм, установленных табл. 12.15;
– чешуйчатость поверхности и глубина впадин между валиками шва, превышающие допуск на усиление шва по высоте.

Таблица 12.15

Формы допустимых пор, выявляемых при визуальном контроле сварных соединений

Номинальная толщина наиболее тонкой детали, мм	Допустимый максимальный размер дефекта, мм	Допустимое число дефектов на любые 1ОО мм шва
От 2 до 3 включ.	О,5	3
Св. 3 до 4 включ.	О,6	4
Св. 4 до 5 включ.	О,7	4
Св. 5 до 6 включ.	О,8	4
Св. 6 до 8 включ.	1,О	5
Св. 8 до 1О включ.	1,2	5
Св. 1О до 15 включ.	1,5	5
Св. 15 до 2О включ.	2,О	6
Св. 2О до 4О включ.	2,5	7
Св. 4О	2,5	8

Допускаются местные подрезы в сосудах 3, 4 и 5-й групп, предназначенных для работы при температуре свыше О °С. При этом их глубина не должна превышать 5 % толщины стенки, но не более О,5 мм, а протяженность — 1О % длины шва.

Допускаются в сварных соединениях из сталей и сплавов марок О3Х21Н21М4ГБ, О3ХН28МДТ, О6ХН28МДТ отдельные микронадрывы протяженностью не более 2 мм.

В сварных соединениях не допускаются следующие внутренние дефекты:

– трещины всех видов и направлений, в том числе микротрещины, выявленные при металлографическом исследовании;
– свищи;
– смещение основного и плакирующего слоев в сварных соединениях двухслойных сталей выше норм, предусмотренных настоящим стандартом;
– непровары (несплавления), расположенные в сечении сварного соединения;
– поры, шлаковые и вольфрамовые включения, выявленные радиографическим методом, выходящие за пределы норм, установленных допустимым классом дефектности сварного соединения по ГОСТ 23О55 в соответствии с табл. 12.16, или выявленные ультразвуковым методом по НТД.

Таблица 12.16

Классы дефектности сварного соединения

Вид сварного соединения	Группа сосуда		
	1, 2, 3	4	5
	Класс дефектности по ГОСТ 23О55		
Стыковые	3	4	6
Угловые, тавровые	4	5	6
Нахлесточные	5	6	7

П р и м е ч а н и е . Оценку единичных дефектов (пор и включений) по ширине (диаметру) при толщине свариваемых элементов до 45 мм, а также цепочек независимо от толщины свариваемых элементов допускается проводить по нормам 4-го класса вместо 3-го класса, 5-го класса вместо 4-го класса, 6-го класса вместо 5-го класса, 7-го класса вместо 6-го класса. Оценку единичных пор и включений для кольцевых сварных соединений толщиной не более 1О мм, выполняемых ручной электродуговой сваркой, допускается проводить по классу 5.

1k.9. ТЕРМИ ЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Сосуды (сборочные единицы, детали) из углеродистых и низколегированных сталей (за исключением сталей, перечисленныхв п. 5.11.3 ГОСТ 34347), изготовленные с применением сварки, штамповки или вальцовки, подлежат обязательной термической обработке, если:

а) толщина стенки цилиндрического или конического элемента, днища, фланца или патрубка сосуда в месте их сварного соединения более 36 мм для углеродистых сталей и более 32 мм для марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей, а при проведении сопутствующего подогрева — при толщине стенки более 38 мм;

б) относительная остаточная деформация цилиндрических или конических элементов сосуда (патрубка), работающего под давлением, изготовленных из листовой стали вальцовкой (штамповкой), превышает 5%.

Относительную остаточную деформацию вычисляют по формуле:

$$\varepsilon_s = \frac{50_s}{R_s}.$$

где ε_s — относительная остаточная деформация, %;

s — номинальная толщина элемента сосуда, мм;

R_s — радиус срединной поверхности (для конических элементов радиус срединной поверхности определяют по меньшему основанию конуса;

Данные требования не распространяются на отбортованные рубашки;

в) сосуды (сборочные единицы, детали) предназначены для эксплуатации в средах, вызывающих коррозионное растрескивание (жидкий аммиак, растворы едкого натрия и калия, азотнокислого натрия, калия, аммония, кальция, этаноламина, азотной кислоты и др.), и об этом есть указание в проекте;

г) днища сосудов и другие элементы независимо от толщины изготовлены холодной штамповкой или холодным фланжированием.

Сварные соединения из углеродистых, низколегированных марганцовистых, марганцево-кремнистых и хромомолибденовых сталей, выполненные электрошлаковой сваркой, подлежат нормализации и высокому отпуску. Для кольцевых швов сосудов из стали марки 12ХМ допускается проводить только высокий отпуск без нормализации при условии выполнения многослойной электрошлаковой сварки по документации, согласованной с разработчиком проекта. Для кольцевых швов сосудов толщиной до 1ОО мм, предназначенных для работы при температуре стенки не ниже минус 2О °С для стали марки 2ОК, не ниже минус 4О °С для сталей марок 16ГС, 2ОЮЧ, не ниже минус 55 °С для стали марки О9Г2С и толщиной до 6О мм, предназначенных для работы при температуре стенки не ниже минус 6О °С для стали О9Г2С, допускается осуществлять только высокий отпуск без нормализации при условии комбинированного способа выполнения сварного соединения — автоматической сварки под флюсом и электрошлаковой сварки с регулированием термического цикла.

При электрошлаковой сварке заготовок штампуемых и вальцуемых элементов из сталей марок 16ГС, О9Г2С и 1ОГ2С1, предназначенных для работы при температуре не ниже минус 4О °С, нормализация может быть совмещена с нагревом под штамповку с окончанием штамповки при температуре не ниже 7ОО °С.

Сварные сосуды (сборочные единицы, детали) из сталей марок 12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ, 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2ГНМ, 15Х2МФА-А, 1Х2М1, 15Х5, Х8, 15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8ВФ, Х9М и из двухслойных сталей с основным слоем из сталей марок 12МХ, 12ХМ, 2ОХ2М следует подвергать термической обработке по режиму, оговоренному НТД.

Сосуды (сборочные единицы, детали) из сталей марок О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Б и других аустенитных сталей, стабилизированных титаном или ниобием, предназначенные для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, а также при температурах свыше 35О °С в средах, вызывающих межкристаллитную коррозию, следует подвергать термической обработке по режиму, оговоренному в НТД.

Необходимость и вид термической обработки сосудов (сборочных единиц, деталей) из двухслойной стали следует определять в соответствии с требованиями, перечисленными в п. а), б), г) п.5.11 — 5.11.3 ГОСТ 34347.

При определении толщины свариваемого элемента принимается толщина основного слоя двухслойной стали.

При наличии в проекте требований на стойкость против межкристаллитной коррозии технология сварки и режим термообработки сварных соединений двухслойных сталей должны обеспечивать стойкость сварных соединений коррозионно-стойкого слоя против межкристаллитной коррозии.

Днища и детали из углеродистых и низколегированных марганцево-кремнистых сталей, штампуемые (вальцуемые) вгорячую с окончанием штамповки (вальцовки) при температуре не ниже 7ОО°С, а также днища и детали из аустенитных хромоникелевых сталей, штампуемых (вальцуемых) при температуре не ниже 85О °С, термической обработке не подвергаются.

Днища и другие штампуемые (вальцуемые) вгорячую элементы, изготовляемые из сталей марок О9Г2С, 1ОГ2С1, работающие при температуре от минус 4О °С до минус 7О °С, должны подвергать термической обработке — нормализации или закалке и высокому отпуску вне зависимости окончания штамповки.

Днища и другие элементы из низколегированных сталей марок 12ХМ и 12МХ, штампуемые (вальцуемые) вгорячую с окончанием штамповки (вальцовки) при температуре не ниже 8ОО °С, допускается подвергать только отпуску (без нормализации).

Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в стандартах или технических условиях, а при наличии требования в проекте и стойкость против межкристаллитной коррозии.

Днища и другие элементы, выполненные из коррозионно-стойких сталей аустенитного класса методом холодной штамповки или холодным фланжированием, должны подвергать термической обработке (аустенизации или стабилизирующему отжигу), если они предназначены для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание. В остальных случаях термообработку допускается не проводить, если относительное удли-

нение при растяжении в исходном состоянии металла не менее 3О % при степени деформации в холодном состоянии не более 15 %.

Гнутые участки труб из углеродистых и низколегированных сталей подлежат термообработке, если отношение среднего радиуса изгиба к номинальному наружному диаметру трубы составляет менее 3,5, а отношение номинальной толщины стенки трубы к ее номинальному диаметру превышает О,О5.

Приварку внутренних и наружных устройств к сосудам, подвергаемым термической обработке, следует проводить до термической обработки сосуда.

Допускается приварка внутренних и наружных устройств без последующей термической обработки к сосудам, термообработанным в соответствии с перечислениями а), б) п. 5.11.1 ГОСТ 34347, при условии, что катет сварочного шва не более 8 мм.

Допускается приварка наружных устройств на монтажной площадке к специальным накладкам, приваренным к корпусу сосуда и прошедшим вместе с ним термическую обработку на предприятии-изготовителе без последующей термической обработки монтажных сварных швов.

Допускается местная термическая обработка сварных соединений сосудов, при проведении которой должны быть обеспечены равномерный нагрев и охлаждение по всей длине шва и прилегающих к нему зон основного металла.

Объемную термическую обработку проводят в печах или нагревом сосуда (сборочной единицы, детали) путем ввода во внутреннюю полость теплоносителя.

При этом должны быть проведены мероприятия, предохраняющие сосуд (сборочную единицу, деталь) от деформаций, вызванных местным перегревом, неправильной установкой сосуда, действием собственной массы.

Свойства металла обечаек, днищ, патрубков, решеток после всех циклов термической обработки должны соответствовать требованиям стандартов на поставку материалов.

Контроль механических свойств основного металла после термообработки можно не проводить, если температура отпуска не превышала 65О°С для углеродистых и низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей (Ст3, 16К, 18К, 2ОК, 22К, 2ОКА, 2ОЮч, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, О9Г2С, 1ОГ2С1) и их зарубежных аналогов.

Виды и режимы термообработки сосудов (сборочных единиц, деталей) должны соответствовать требованиям СТО О22О368-О19-2О11.

Для определения степени охрупчивания при эксплуатации основного металла и сварных соединений сталей 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А (1ОХ2М1А-ВД, 1ОХ2М1А-Ш), 12Х2МФА, 15Х2МФА-А проводят испытания на ступенчатое охлаждение при наличии указаний в документации. Рекомендуемая методика проведения термической обработки на ступенчатое охлаждение приведена в приложении Н ГОСТ 34347.

1k.10. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Общие требования

Геометрические размеры и форму поверхностей следует измерять с помощью средств, обеспечивающих погрешность не более 3О % установленного допуска на изготовление.

Габаритные размеры сосудов следует определять путем суммирования размеров входящих в них сборочных единиц и деталей.

Контроль качества поверхностей на отсутствие плен, закатов, расслоений, грубых рисок, трещин, снижающих качество и ухудшающих товарный вид, следует проводить путем визуального осмотра.

Недопустимые дефекты исправляют в соответствии с п. 5.8.5 ГОСТ 34347.

Обязательную проверку наличия, содержания, мест расположения клейм на сварных швах и маркировки на готовом сосуде (самостоятельно поставляемых сборочных единицах и деталях) следует осуществлять визуальным осмотром.

Контроль качества сварных соединений следует проводить следующими методами:

а) визуальным осмотром и измерительным контролем;
б) механическими испытаниями;
в) испытанием на стойкость против межкристаллитной коррозии;
г) металлографическими исследованиями;
д) стилоскопированием;
е) ультразвуковой дефектоскопией;
ж) радиографией;
и) цветной или магнитопорошковой дефектоскопией;
к) другими методами (акустической эмиссией, люминесцентным контролем, определением содержания ферритной фазы и др.), если необходимо.

Окончательный контроль качества сварных соединений сосудов, подвергаемых термической обработке, следует проводить после термической обработки.

Для сварных соединений сосуда из низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей или двухслойных сталей с основным слоем из этих сталей, подвергаемых в процессе изготовления нормализации или закалке с отпуском, механические испытания и металлографические исследования допускается проводить до окончательной термической обработки (высокого отпуска). При этом полученные положительные результаты механических испытаний следует считать окончательными.

Контроль комплектности, консервации, окраски, упаковки необходимо проводить путем сопоставления объема и качества выполненных работ с требованиями настоящего стандарта и технических условий.

Предприятие-изготовитель негабаритных сосудов, транспортируемых частями, должно провести контрольную сборку.

Допускается вместо сборки проводить контрольную проверку размеров стыкуемых частей при условии, что предприятие-изготовитель гарантирует собираемость сосуда.

В процессе изготовления сборочных единиц и деталей необходимо проверять на соответствие требованиям стандартов (технических условий) и проекта:

– состояние и качество свариваемых сборочных единиц и деталей и сварочных материалов;
– качество подготовки кромок и сборки под сварку;
– соблюдение технологического процесса сварки и термической обработки.

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений

Визуальный контроль и измерение сварных швов необходимо проводить после очистки швов и прилегающих к ним поверхностей основного металла от шлака, брызг и других загрязнений.

Обязательному визуальному контролю и измерению подлежат все сварные швы в соответствии с ГОСТ 3242 для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Визуальный контроль и измерение следует проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва.

Механические испытания

Механическим испытаниям следует подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосуда. Механические испытания необходимо проводить на контрольных стыковых сварных соединениях в объеме, указанном в табл. 12.17.

Измерению твердости следует подвергать металл шва сварных соединений сосудов (работающих под давлением деталей) из сталей марок 12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 2ОХ2М, 1Х2М1, 1ОХ2ГНМ, 1ОХ2МФА-А, 1ОХ2М1А-А, 15Х5М и металл шва коррозионно-стойкого слоя в сварных соединениях из двухслойных сталей. Твердость следует проверять не менее чем в трех точках поперек сварного соединения по НД, утвержденному в установленном порядке.

Допускается измерение твердости металла шва проводить на контрольных образцах, если невозможно его осуществить на готовом сосуде (детали).

При получении неудовлетворительных результатов по какому-либо виду механических испытаний допускается проведение повторного испытания на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения, по тому виду механических испытаний, которые дали неудовлетворительные результаты.

Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Таблица 12.17

Количество образцов из каждого контрольного стыкового сварного соединения

Вид испытания	Группа сосуда	Количество образцов	Примечание
Растяжение при температуре плюс 2О °С	1–5	Два образца типов XII, XIII, XIV или XV по ГОСТ 6996	Испытание на растяжение отдельных образцов из сварных трубных стыков можно заменить испытанием на растяжение целых стыков со снятым усилием
Изгиб при температуре 2О °С	1–5	Два образца типов XXVII, XXVIII по ГОСТ 6996	Испытание сварных образцов труб внутренним диаметром до 1ОО мм и толщиной стенки до 12 мм может быть заменено испытанием на сплющивание по ГОСТ 6996 (образцы типов XXIX, XXX)
Ударная вязкость на образцах KCV или KCU (при толщине металла не менее 12 мм) при температуре плюс 2О °С	1–5 из сталей, склонных к термическому воздействию (12МХ, 12ХМ, 15Х5М, и др.)	Три образца типа VI или IX по ГОСТ 6996 с надрезом по оси шва	Испытание на ударный изгиб околошовной зоны проводят на сварных соединениях, выполненных электрошлаковой сваркой без последующей нормализации, а также при наличии требований в технических условиях или проекте
Ударная вязкость на образцах KCV или KCU (при толщине металла не менее 12 мм) при температуре плюс 2О °С	1–3 при давлении более 5 МПа (5О кгс/см^2) 1–2 при температуре свыше 45О °С	Три образца типа VI или IX по ГОСТ 6996 с надрезом по оси шва	Испытание на ударный изгиб околошовной зоны проводят на сварных соединениях, выполненных электрошлаковой сваркой без последующей нормализации, а также при наличии требований в технических условиях или проекте

Продолжение табл. 12.17

Вид испытания	Группа сосуда	Количество образцов	Примечание
Ударная вязкость на образцах KCV или KCU (при толщине металла не менее 12 мм) при рабочей температуре ниже минус 2О °С, равной минимальной отрицательной рабочей температуре сосуда	1-3 при давлении 5 МПа при температуре свыше 45О °С	Три образца типа VI или IX по ГОСТ 6996 с надрезом по оси шва	Испытание на ударный изгиб зоны термического влияния проводят на сварных соединениях, выполненных электрошлаковой сваркой без последующей нормализации, а также при наличии требований в технических условиях или проекте
Измерение твердости металла шва при температуре +2О °С	1–4 в соответствии с требованием 8.3.2	ГОСТ 9О12, ГОСТ 9О13, ГОСТ 13661, ГОСТ 6996	—

Приме чания.

1. Допускается не проводить механические испытания сварных образцов для сосудов 5-й группы, если предприятие-изготовитель гарантирует качество сварных швов.

2. Испытание на ударный изгиб сварных соединений сосудов, работающих при температуре не ниже минус 2О °С, необходимо проводить при комнатной температуре.

3. Допускается при испытании на изгиб сварных соединений толщиной более 3О мм доводить толщину образцов до 3О мм строжкой или фрезерованием контрольных пластин. Образцы из двухслойных сталей необходимо фрезеровать или строгать со стороны основного слоя и изгибать основным слоем наружу. Тип образца XXVII по ГОСТ 6996, диаметр оправки — две толщины образца.

4. Испытание на ударный изгиб сварных соединений из двухслойных сталей необходимо проводить на образцах, изготовленных по рис. 12.17.

Рис. 12.17. Схема расположения надреза на образцах для испытания на ударный изгиб сварных соединений из двухслойных сталей

5. Испытания на растяжение, изгиб, ударный изгиб сварного соединения толщиной не менее 5О мм необходимо проводить согласно требованиям нормативного документа РД 26-11-О8-86.

6. Допускается не испытывать на ударный изгиб при отрицательных температурах сварные соединения из сталей аустенитно-ферритного класса.

7. Испытание на ударный изгиб сварных соединений из сталей аустенитного класса не проводят.

8. В случае снижения нижнего температурного предела применения углеродистых и низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей согласно требованиям примечания 14 к табл. 2.2, примечания 11 к табл. 4.62, испытание на ударный изгиб сварных соединений из этих сталей проводят при минимальной температуре, указанной для стенки в табл. 2.2 и табл. 4.62.

9. Сварные соединения из сталей марок 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А, 15Х2МФА-А, 15Х2МФА, применяемые для изготовления сосудов 1-й группы, должны быть испытаны на ударный изгиб по оси металла шва и в зоне термического влияния (на трех образцах KCV типа IX по ГОСТ 6996 при температуре минус 2О °С).

1О. Испытания на ступенчатое охлаждение для сталей марок 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А, 15Х2МФА-А, 15Х2МФА проводят при наличии требований в технических условиях* или проектной документации.

* Действуют только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Определение понятия однотипных сварных соединений

Однотипные сварные стыковые соединения (швы) — это группа сварных соединений, имеющих общие признаки:

- способ сварки;
- марку основного металла;
- марку сварочных материалов;
- номинальную толщину свариваемых деталей в зоне сварки. В одну группу допускается объединять соединения с номинальной толщиной деталей в зоне сварки в пределах одного из следующих диапазонов, мм:
  - до 3 включительно,
  - свыше 3 до 1О включительно,
  - свыше 1О до 3О включительно,
  - свыше 3О до 5О включительно,
  - свыше 5О;
- радиус кривизны деталей в зоне сварки. В одну группу допускается объединять сварные соединения деталей с радиусом кривизны в зоне сварки (для труб

– с половиной наружного номинального диаметра) в пределах одного из следующих диапазонов, мм:
– до 12,5 включительно,
– свыше 12,5 до 5О включительно,

– свыше 5О до 25О включительно,
– свыше 25О (включая плоские детали);
– форму подготовки кромок. В одну группу допускается объединять сварные соединения с одной из следующих форм подготовки кромок:
– с односторонней разделкой кромок и углом их скоса более 8°,
– с односторонней разделкой кромок и углом их скоса до 8° включительно (узкая разделка),
– с двухсторонней разделкой кромок,
– без разделки кромок;
– способ сварки корневого слоя: на остающейся подкладке (подкладном кольце), на расплавляемой подкладке, без подкладки (свободное формирование обратного валика), с подваркой корня шва;
– термический режим сварки: с предварительным и сопутствующим подогревом, без подогрева, с послойным охлаждением;
– режим термической обработки сварного соединения.

Стали и сплавы, склонные к образованию трещин при сварке в сварном шве и зоне термического влияния

1. Теплоустойчивые хромистые и хромомолибденовые: 12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ, 1Х2М1, 1ОХ2М1А, 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А-ВД, 1ОХ2М1А-Ш, 2ОХ2МА, 15Х2МФА, 15Х2МФА-А, 12Х2МФА, 15Х5, 15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8ВФ, 13Х9М, 12Х8.

2. Аустенитные коррозионно-стойкие стали и сплавы без ферритной фазы: О2Х17Н14М3-ВО, О2Х8Н22С6, О3Х19АГ3Н1О, О3Х21Н21М4ГБ, О3Х17Н14М3, О3Х17Н14М3-ВО, О3Х17Н14М3-ВИ, О8Х17Н15М3Т, О8Х18Н12Б, 1ОХ14Г14Н4Т, О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ, О5ХН32Т — при толщине более 1О мм.

3. Высокохромистые ферритные коррозионно-стойкие: О8Х13, О8Х17Т, 15Х25Т — при толщине более 1О мм.

4 Двухслойные коррозионно-стойкие стали — переходный шов.

Примечание. В соединениях элементов разной толщины склонность к трещинам определяют элементом большей толщины.

Прибавки к расчетным толщинам конструктивных 5лементов

При расчете сосудов и аппаратов необходимо учитывать прибавки c к расчетным толщинам элементов сосудов и аппаратов.

Исполнительную толщину стенки элемента сосуда вычисляют по формуле

$$s \geq s_p + c,$$

Прибавку к расчетным толщинам вычисляют по формуле

$$c = c_1 + c_2 + c_3.$$

где s_p — расчетная толщина стенки элемента сосуда.

Если в расчете рассматривается несколько элемен- тов, отличающихся материалами, способом изготовле- ния или толщинами, то сумма прибавок к расчетным толщинам стенок определяется для каждого элемента в отдельности.

При поверочном расчете прибавку вычитают из зна- чений исполнительной толщины стенки.

Если известна фактическая толщина стенки, то при поверочном расчете можно не учитывать прибавку на мину- совой допуск сортамента c_2 и технологическую прибавку c_3. Обоснование всех прибавок к расчетным толщинам должно быть приведено в технической документации. Прибавка к расчетной толщине для компенсации коррозии (эрозии) назначается с учетом условий экс- плуатации, расчетного срока службы, скорости коррозии (эрозии).

При двухстороннем контакте с коррозионной и (или) эрозионной средой прибавка c_1 должна быть соответственно увеличена.

Технологическая прибавка c_3 предусматривает компенсацию утонения стенки элемента сосуда при тех- нологических операциях: вытяжке, штамповке, гибке труб и т. д. В зависимости от принятой технологии эту прибавку следует учитывать при разработке рабочих чертежей.

Прибавки c_2 и c_3 учитывают в тех случаях, когда их суммарное значение превышает 5 % номинальной
толщины листа.

Технологическая прибавка не включает в себя округление расчетной толщины до стандартной тол- щины листа.

При расчете эллиптических днищ, изготовляемых штамповкой, технологическую прибавку для компенса- ции утонения в зоне отбортовки не учитывают, если ее значение не превышает 15 % исполнительной толщины листа.

Испытание на стойкость против межкристаллитной коррозии

Испытание сварного соединения на стойкость про- тив межкристаллитной коррозии следует проводить для сосудов (сборочных единиц, деталей), изготовленных из сталей аустенитного, ферритного, аустенитно-фер- ритного классов и двухслойной стали с коррозион- но-стойким слоем из аустенитных и ферритных сталей по требованию технических условий или проекта.

Необходимость испытания сварных соединений внутренних устройств, работающих без давления, на стойкость против межкристаллитной коррозии должна быть указана в проекте.

Форма, размеры и количество образцов должны соответствовать ГОСТ 6О32.

Испытание на стойкость против межкристаллитной коррозии следует проводить по ГОСТ 6О32 или соответствующему НД. Метод испытания должен быть указан в проекте.

Металл шва и зона термического влияния должны быть стойкими к межкристаллитной коррозии.

При получении неудовлетворительных результатов допускается проведение повторного испытания на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения.

Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Металлографические исследования

Металлографическим исследованиям следует подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосудов:

– 1, 2, 3-й групп, работающих под давлением более 5 МПа (5О кгс/см^2) или при температуре ниже минус 4О °С;
– 1, 2-й групп, работающих при температуре свыше 45О °С;
– из сталей, склонных к термическому воздействию (марок 12МХ, 12ХМ, 15Х5М и др.), из сталей аустенитного класса без ферритной фазы (марок О6ХН28МДТ, О8Х17Н16М3Т и др.) и из двухслойных сталей.

Допускается не проводить металлографические исследования стыковых сварных швов сборочных единиц и деталей, работающих при температуре ниже минус 4О °С, толщиной не более 2О мм из сталей марок 12Х18Н1ОТ и О8Х18Н1ОТ.

Металлографические макро- и микроисследования следует проводить в соответствии с НД на одном образце от каждого контрольного сварного соединения.

Качество контрольного сварного соединения при металлографических исследованиях должно соответствовать требованиям подразделов 5.1О2 и 5.1О.3 ГОСТ 34347.

Если при металлографическом исследовании в контрольном сварном соединении будут обнаружены недопустимые внутренние дефекты, которые должны быть выявлены радиографическим или ультразвуковым контролем согласно п. 7.1О.9 ГОСТ 43347, все производственные сварные соединения, контролируемые данным сварным соединением, подлежат повторному испытанию тем же методом неразрушающего контроля в объеме 1ОО % другим, более опытным и квалифицированным, дефектоскопистом. В случае получения удовлетворительных результатов повторного контроля сварные швы считают годными.

При получении неудовлетворительных результатов допускается повторное испытание на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения.

Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Стилоскопирование сварных соединений

Стилоскопирование сварных швов следует проводить для установления марочного соответствия примененных сварочных материалов требованиям проекта и инструкций по сварке или настоящего стандарта.

При стилоскопировании следует руководствоваться инструкцией по стилоскопированию основных и сварочных материалов и готовой продукции.

Стилоскопированию следует подвергать сварные швы деталей изхромистых, хромомолибденовых, хромоникелевых, хромоникелемолибденовых, хромомолибденованадиевых сталей и сплавов и метеллов коррозионно-стойкой наплавки в объеме не менее указанного в табл.12.18.

Таблица 12.18

Объем контроля стилоскопированием

Группа сосуда	Количество контролируемых сварных швов и металла коррозионно-стойкой наплавки от общего количества, %
1, 2	1ОО
3, 4	5О
5	25

В процессе стилоскопирования следует определять в металле шва наличие хрома, молибдена, ванадия, ниобия, никеля и т.д.

Следует контролировать:

– каждый сварной шов в одной точке через каждые 2 м;
– места исправления каждого сварного шва;
– наплавку не менее чем в одной точке.

Контроль стилоскопированием допускается не проводить:

– при невозможности осуществления контроля из-за недоступности сварных швов (ввиду конструктивных особенностей сосуда, по условиям техники безопасности);
– из-за малых размеров шва (например, швы обварки теплообменных труб).

При получении неудовлетворительных результатов допускается повторное стилоскопирование того же сварного соединения на удвоенном количестве точек.

При неудовлетворительных результатах повторного контроля следует проводить спектральный или химический анализ сварного соединения, результаты которого считают окончательными.

При выявлении несоответствия марки использованных присадочных материалов хотя бы на одном из сварных соединений сосудов 3, 4 и 5-й групп стилоскопирование металла шва должно быть проведено на всех сварных соединениях, выполненных данным механизированным способом сварки.

Дефектные сварные швы, выявленные при контроле, должны быть удалены, швы вновь сварены и подвергнуты стилоскопированию.

Радиографический и ультразвуковой контроль сварных соединений

Для выявления внутренних дефектов сварных соединений следует применять методы неразрушающего контроля, в которых используют проникающие физические поля: радиографический, ультразвуковой.

Ультразвуковую дефектоскопию сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ Р55724 и действующей НТД.

Радиографический контроль сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 23055 и действующей НТД.

Метод контроля (ультразвуковой, радиографический или их сочетание) следует выбирать исходя из возможностей более полного и точного выявления недопустимых дефектов с учетом особенностей физических свойств металла, а также особенностей методики контроля для данного вида сварных соединений сосуда (сборочных единиц, деталей).

Метод контроля качества стыковых, угловых и тавровых сварных соединений следует определять согласно НД.

Обязательному контролю радиографическим или ультразвуковым методом подлежат:

а) стыковые, угловые, тавровые сварные соединения, доступные для этого контроля в объеме не менее указанного в табл. 12.19;

б) места сопряжения (пересечений) сварных соединений;

в) сварные соединения внутренних и наружных устройств по указанию в проекте или технических условиях на сосуд (сборочную единицу, деталь);

г) сварные соединения элементов из стали перлитного класса с элементами из сталей аустенитного класса в 100 % объеме;

д) перекрываемые укрепляющими кольцами участки сварных швов корпуса, предварительно зачищенные заподлицо с наружной поверхностью корпуса;

е) прилегающие к отверстию участки сварных швов корпуса, на которых устанавливаются люки и штуцера, на длине, равной $\sqrt{DS}$ (D — внутренний диаметр корпуса, S — толщина стенки корпуса в месте расположения отверстия).

Таблица 12.19

Объем контроля радиографическим или ультразвуковым методом

Группа сосуда	Длина контролируемых сварных соединений* от общей длины, %
1, 2	100
3	50
4	25
5	10
* Требование относится к каждому сварному соединению.	

Примечание.

1. Контроль сварных швов опор радиографическим или ультразвуковым методом следует проводить при наличии указания в проекте.

Места контроля сварных соединений сосудов 3, 4-й и 5 групп радиографическим или ультразвуковым методом должны быть указаны в технической документации на сосуд.

Перед контролем соответствующие участки сварных соединений должны быть так замаркированы, чтобы их можно было легко обнаружить на картах контроля и радиографических снимках.

При выявлении недопустимых дефектов в сварном соединении сосудов 3, 4, и 5-й групп обязательному контролю тем же методом подлежат все однотипные сварные соединения, выполненные данным сварщиком

(оператором), по всей длине соединения в соответствии с подразделом с приложением П ГОСТ 34347.

При невозможности осуществления контроля свар- ных соединений радиографическим или ультразвуковым методом из-за их недоступности (ввиду конструктивных особенностей сосуда, ограниченности технических возможностей этих методов или по условиям техники безопасности) или неэффективности (в частности, при наличии конструктивного зазора) контроль качества этих сварных соединений следует проводить другими методами неразрушающего контроля (например в со- ответствии с РД 26-11-О1-85.

Капилярный и магнитопорошковый контроль

Капилярный или магнитопорошковый контроль следует подвергать сварные швы, не доступные для осуществления контроля радиографическим или ультразвуковым методом, а также сварные швы сталей, склонных к образованию трещин при сварке (см. приложение Р ГОСТ 34347).

Капилярный и магнитопорошковый контроль сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ 18442, ГОСТ Р ИСО 9934-1, ГОСТ Р ИСО 9934-2 и действующий НТД соответственно.

Объем контроля и класс чувствительности определяют в соответствии с требованиями НТД ОСТ26-5-99 или требованиями проекта.

Испытание на стойкость против межкристаллитной коррозии

Испытание сварного соединения на стойкость против межкристаллитной коррозии следует проводить для сосудов (сборочных единиц, деталей), изготовленных из сталей аустенитного, ферритного, аустенитно-ферритного классов и двухслойной стали с коррозионно-стойким слоем из аустенитных и ферритных сталей по требованию технических условий или проекта.

Необходимость испытания сварных соединений внутренних устройств, работающих без давления, на стойкость против межкристаллитной коррозии должна быть указана в проекте.

Форма, размеры и количество образцов должны соответствовать ГОСТ 6О32.

Испытание на стойкость против межкристаллитной коррозии следует проводить по ГОСТ 6О32 или соответствующему НД. Метод испытания должен быть указан в проекте.

Металл шва и зона термического влияния должны быть стойкими к межкристаллитной коррозии.

При получении неудовлетворительных результатов допускается проведение повторного испытания на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения.

Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным.

Металлографические исследования

Металлографическим исследованиям следует подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосудов:

Определение содержания Ị-фазы

Содержание а-фазы в металле шва или наплавленном металле аустенитной стали следует определять при наличии указаний в проекте или технических условиях на сосуд (сборочную единицу).

Предельное допустимое содержание а-фазы должно соответствовать НД и/или указаниям проекта.

Определение содержания ферритной фазы в металле шва или в металле, наплавленном аустенитными электродами, следует проводить магнитным методом согласно с действующей НТД и ГОСТ Р 53686.

Контроль сварных соединений

Контрольные сварные соединения сосуда предназначены для подтверждения характеристик металла сварных соединений, установленных техническим проектом. Из контрольных сварных соединений вырезают образцы для механических и коррозионных испытаний, а также для металлографических исследований.

Контрольное сварное соединение должно воспроизводить одно из однотипных (приложение П ГОСТ 34347) стыковых сварных соединений сосуда (сборочной единицы, детали), определяющих его прочность, и быть выполнено одновременно с контролируемым сосудом (сборочной единицей, деталью) с применением одинаковых исходных материалов, формы разделки кромок, сборочных размеров, методов и режимов сварки, режима термообработки.

Контрольные сварные соединения для проверки продольных швов сосудов (сборочных единиц, деталей) необходимо изготовлять таким образом, чтобы их швы являлись продолжением производственного продольного шва.

Сварка контрольного сварного соединения может выполняться отдельно, но с обязательным соблюдением всех условий сварки контролируемого сварного соединения.

При ручной сварке сосуда (сборочной единицы, детали) несколькими сварщиками каждый из сварщиков должен выполнять отдельное контрольное сварное соединение.

Если многопроходной шов выполняют несколько сварщиков, то на данный шов должно свариваться одно контрольное сварное соединение. При этом проходы необходимо выполнять теми же сварщиками и в аналогичном порядке. В противном случае каждый из сварщиков должен выполнять отдельное контрольное сварное соединение.

Термообработку контрольных сварных соединений необходимо выполнять одновременно с сосудом (сборочной единицей, деталью). Термообработку контрольных сварных соединений допускается проводить отдельно от сосуда (сборочной единицы, детали) при условии применения одинаковых метода и режима термообработки.

Размеры контрольных сварных соединений должны быть выбраны так, чтобы из них возможно было вырезать необходимое количество образцов для металлографических исследований, всех видов механических испытаний и испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии, включая повторные.

Предусмотренный настоящим стандартом объем механических испытаний и металлографического исследования сварных соединений может быть изменен в случае серийного изготовления предприятием однотипных сосудов при неизменном технологическом процессе, специализации сварщиков на определенных видах работ и высоком качестве сварных соединений, подтвержденном результатами контроля не менее чем за 12 мес.

Контрольные сварные соединения необходимо подвергать радиографическому или ультразвуковому контролю по всей длине сварных соединений.

Если в контрольном сварном соединении будут обнаружены недопустимые дефекты, все производственные сварные соединения, представленные данным соединением и не подвергнутые ранее радиографическому или ультразвуковому контролю, подлежат проверке тем же методом неразрушающего контроля по всей длине.

Контрольным сварным соединениям и вырезаемым из них образцам необходимо присваивать регистрационные номера согласно учетной документации предприятия-изготовителя, в которой отражают необходимые сведения по изготовляемому производственному сварному соединению.

Испытание на прочность и герметичность

Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления.

Гидравлическое испытание необходимо проводить, как правило, на предприятии-изготовителе.

Гидравлическое испытание сосудов, транспортируемых частями и собираемых на месте монтажа, допускается проводить после их изготовления на месте установки.

Правила и нормы безопасности при подготовке и проведении гидравлических испытаний должны удовлетворять требованиям РД 24.2ОО.11-9О*.

Примечание. * Действует только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Гидравлическое испытание сосудов необходимо проводить с крепежными деталями и прокладками, предусмотренными в технической документации.

Пробное давление при гидравлическом испытании сосудов рпр, МПа, вычисляют по формуле:

$$p_{\text{пр}} = 1,25p\frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}, \qquad (12.1)$$

где $p_{\text{пр}}$ — пробное давление, МПа;

p — расчетное давление, МПа;

$[\sigma]_{20}$ — допускаемое напряжение для материала при температуре 2О°С, МПа;

$[\sigma]_t$ — допускаемое напряжение для материала при расчетной температуре t, МПа.

Пробное давление при гидравлическом испытании криогенных сосудов при наличии вакуума в изоляционном пространстве рпр, МПа, вычисляют по формуле

$$p_{\text{пр}} = 1,25p - 0,1. \qquad (12.2)$$

Примечания.

1. Пробное давление испытания сосуда необходимо определять с учетом минимальных значений расчетного давления и отношения допускаемых напряжений материалов сборочных единиц (элементов сосуда), работающих под давлением, за исключением болтов (шпилек), а также теплообменных труб кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.
2. Пробное давление при испытании сосуда, рассчитанное по зонам, необходимо определять с учетом той зоны, расчетное давление или расчетная температура которой имеет меньшее значение.
3. Если рассчитанное пробное давление [по формуле (12.1)] при испытании сосуда, работающего под наружным давлением, вызывает необходимость утолщения стенки сосуда, то допускается пробное давление определять по формуле:

$$p_{\text{пр}} = 1,25p\frac{E_{20}}{E_t}, \qquad (12.3)$$

где $p_{\text{пр}}$ — пробное давление, МПа;

p — расчетное давление, МПа;

$E_{2О}$ — модуль упругости материала при температуре 2О°С, МПа;

E_t — модуль упругости материала при температуре t, МПа.

4. Пробное давление для испытания сосуда (реактора и др.), предназначенного для работы в условиях нескольких режимов с различными расчетными параметрами (давлениями и температурами), необходимо принимать равным максимальному из определенных значений пробных давлений для каждого режима.
5. Для сосудов, работающих под вакуумом, расчетное давление при определении давления испытания принимается равным О,1 МПа.
6. Предельное отклонение пробного давления не должно превышать ±5%.
7. Все элементы сосудов в условиях испытания должны отвечать условиям прочности и герметичности в соответствии с требованиями действующего нормативного документа.
8. Если для обеспечения условий прочности и герметичности при испытаниях возникает необходимость увеличения диаметра, количества или замены материала болтов (шпилек) фланцевых соединений, допускается уменьшить пробное давление до максимального значения, при котором при проведении испытаний обеспечиваются условия прочности и герметичности болтов (шпилек) без увеличения их

диаметра, количества или замены материала.

9. В случае если сосуд в целом или отдельные части сосуда работают в диапазоне температур ползучести и допускаемое напряжение для материалов этих частей при расчетной температуре $[\sigma]_t$ определяется на базе предела длительной прочности или предела ползучести, допускается в формулах (12.1), (12.4) вместо $[\sigma]_t$ использовать значение допускаемого напряжения при расчетной температуре $[\sigma \cong_{tH}$, полученное только на базе не зависящих от времени характеристик: предела текучести и временного сопротивления, без учета ползучести и длительной прочности.

Гидравлическое испытание сосудов, устанавливаемых вертикально, допускается проводить в горизонтальном положении. Значение пробного давления при гидравлическом испытании определяют в соответствии с 7.11.3 ГОСТ 34347 так же, как и для гидравлического испытания сосудов в вертикальном положении. При этом должен быть выполнен расчет на прочность с учетом принятого способа опирания для проведения гидравлического испытания.

Для гидравлического испытания сосуда необходимо использовать воду.

По согласованию с разработчиком сосуда допускается использование другой жидкости.

Не допускается использование токсичных и/или взрывоопасных жидкостей.

При использовании пожароопасных жидкостей испытание следует проводить по инструкции, обеспечивающей безопасность его проведения.

Температура испытательной жидкости и стенки сосуда должна быть не менее чем на 2О°С выше критической температуры хрупкости материала сосуда и указана разработчиком сосуда в технической документации. При отсутствии указаний температура испытательной жидкости должна быть от 5 до 4О°С.

Разность температур стенки сосуда и окружающего воздуха во время испытания не должна вызывать конденсацию влаги на поверхности стенки сосуда.

При заполнении сосуда водой должен быть удален воздух из внутренних полостей. Давление необходимо поднимать равномерно до достижения пробного. Скорость подъема давления не должна превышать О,5 МПа в минуту, если нет других указаний разработчика сосуда в проектной документации.

Время выдержки под пробным давлением должно быть не менее значений, указанных в табл. 12.2О.

Таблица 12.2О

Время выдержки сосуда под пробным давлением при гидравлическом испытании

Толщина стенки, мм	Время выдержки, мин
До 5О включ.	3О
Св. 5О до 1ОО включ.	6О
Св. 1ОО	12О

После выдержки под пробным давлением давление снижают до расчетного, при котором проводят визуальный контроль наружной поверхности, разъемных и сварных соединений.

Визуальный контроль сосудов, работающих под вакуумом, проводят при пробном давлении.

Пробное давление при гидравлическом испытании контролируют двумя манометрами. Манометры выбирают одного типа, предела измерения, одинаковых классов точности, одинаковой цены деления. Манометры должны иметь класс точности не ниже 1,5.

После проведения гидравлического испытания вода должна быть полностью удалена.

Гидравлическое испытание допускается заменять пневматическим испытанием (сжатым воздухом, инертным газом или смесью воздуха с инертным газом) при условии контроля этого испытания методом акустической эмиссии. Контроль методом акустической эмиссии необходимо проводить в соответствии с нормативным документом.

Пневматическое испытание необходимо проводить по специальной инструкции, обеспечивающей безопасность его проведения.

Пробное давление при пневматическом испытании рпр, МПа, вычисляют с учетом примечаний к 7.11.3 ГОСТ 34347 по формуле

$$p_{\text{пр}} = 1{,}15p\frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}, \qquad (12.4)$$

Пробное давление при пневматическом испытании криогенных сосудов при наличии вакуума в изоляци- онном пространстве рпр, МПа, вычисляют по формуле

$$p_{\text{пр}} = 1{,}15p - 0{,}1. \qquad (12.5)$$

Если вероятность хрупкого разрушения при пневмоиспытании больше, чем в рабочих условиях, и его последствия представляют значительную опасность, пробное давление может быть снижено до технически обоснованного уровня, но не менее рабочего давления.

Время выдержки сосуда под пробным давлением должно быть не менее 15 мин и указано в технической документации.

После выдержки под пробным давлением давление снижают до расчетного, при котором проводят визу-

альный контроль наружной поверхности и проверку герметичности сварных и разъемных соединений.

Результаты испытаний считают удовлетворительными, если во время их проведения отсутствуют:

– падение давления по манометру;
– пропуски испытательной среды (течь, потение, пузырьки воздуха или газа) в сварных соединениях и на основном металле;
– признаки разрыва;
– течи в разъемных соединениях;
– остаточные деформации.

Гидравлическое испытание сосудов, работающих без давления (под налив), проводят смачиванием сварных швов керосином или наливом воды до верхней кромки сосуда.

Время выдержки сосуда при испытании наливом воды должно быть не менее 4 ч, а при испытании смачиванием керосином - не менее указанного в табл. 12.21.

Таблица 12.21

Время выдержки сосуда и сварных швов при испытании смачиванием керосином

Толщина стенки, мм	Время выдержки, мин	
	в нижнем положении шва	В потолочном, вертикальном положении шва
До 4 включ.	2О	3О
Св. 4 до 1О включ.	25	35
Св. 1О	3О	4О

Значение пробного давления и результаты испытания должны быть занесены в паспорт сосуда.

Контроль на герметичность

Необходимость контроля на герметичность, степень герметичности и выбор методов и способов испытаний должны быть оговорены в технической документации на сосуд.

Контроль на герметичность необходимо проводить согласно требованиям нормативной документации ОСТ 26.26О.14-2ОО1*.

Примечание. * Действует только в Российской Федерации и государствах, упомянутых в предисловии как проголосовавшие за принятие межгосударственного стандарта.

Контроль на герметичность гидравлическим способом с люминесцентным индикаторным покрытием или люминесцентно-гидравлическим способом допускается совмещать с гидравлическим испытанием.

Контроль на герметичность крепления труб для трубных систем, соединений «труба-решетка», где не допускается смешение сред (переток жидкости), следует проводить гелиевым (галогенным) течеискателем или люминесцентно-гидравлическим методом в соответствии с НД.

Контроль сварных швов на герметичность допускается проводить капиллярным методом смачиванием керосином. При этом поверхность контролируемого шва с наружной стороны следует покрывать мелом, а с внутренней — обильно смачивать керосином в течение всего периода испытания.

Время выдержки сварных швов при испытании смачиванием керосином должно быть не менее указанного в табл. 12.21.

Контроль на герметичность швов приварки укрепляющих колец и сварных соединений облицовки патрубков и фланцев следует проводить пневматическим испытанием.

Пробное давление пневматического испытания должно быть:

– О,4–О,6 МПа (4–6 кгс/см^2), но не более расчетного давления сосуда для швов приварки укрепляющих колец;
– О,О5 (О,5 кгс/см^2) МПа для сварных соединений облицовки.

Контроль необходимо осуществлять обмазкой мыльной эмульсией.

Качество сварного соединения следует считать удовлетворительным, если в результате применения любого соответствующего заданному классу герметичности метода не будет обнаружено течи (утечек).

1k.11. КОММЛЕКТНОСТЬ И ДОКУМЕНТА¡ИЯ

Комплектность

В комплект сосуда должны входить:

– сосуд в собранном виде или отдельно транспортируемые части с ответными фланцами, рабочими прокладками и крепежными деталями, не требующими замены при монтаже;
– запасные части (согласно указаниям в технической документации);
– фундаментные болты для крепления сосуда в проектном положении (по указанию в технической документации).

Примечание. Детали и сборочные единицы, которые при отправке в сборе с сосудом могут быть повреждены, допускается снимать и отправлять в отдельной упаковке. Тип и вид тары и упаковки этих деталей и сборочных единиц, а также покупных деталей должны соответствовать требованиям технических условий на конкретный сосуд.

Сосуд в собранном виде следует поставлять с внутренним защитным покрытием согласно требованиям технической документации.

Торкретирование, футеровку штучными материалами, теплоизоляцию осуществляет заказчик на монтажной площадке. Материалы для торкретирования, футеровки штучными материалами, теплоизоляции, а также неметаллические (керамические и др.) элементы для защиты внутренней футеровки в поставку предприятия-изготовителя, как правило, не входят. Металлические элементы для защиты внутренней футеровки, предусмотренные технической документацией, должно поставлять предприятие-изготовитель.

Транспортируемые части негабаритных сосудов следует поставлять с приваренными приспособлениями для сборки монтажного соединения под сварку.

После использования допускается приспособления срезать. Удалять их следует на расстоянии не менее 2О мм от стенок корпуса методами, не повреждающими стенки.

В поставку негабаритных сосудов, свариваемых на монтажной площадке из транспортируемых частей, должны, как правило, входить сварочные материалы и пластины металла для проведения контрольных испытаний сварных швов. При этом сварочные материалы и пластины должны отвечать требованиям разделов 5 и 8.

Сосуды в собранном виде или транспортируемые части негабаритных сосудов следует поставлять с приваренными деталями для крепления изоляции, футеровки, обслуживающих площадок, металлоконструкций и др., предусмотренными техническим проектом. Приварные детали для крепления изоляции — по ГОСТ 17314. Тип приварной детали выбирает предприятие-изготовитель.

В поставку тяжеловесного или негабаритного сосуда должны входить специальные траверсы, опорные устройства (цапфы), тележки или салазки для опоры нижней части сосуда, монтажные хомуты, съемные грузозахватные устройства, специальные строповые устройства, приспособления для выверки и устройства для перевода сосуда из горизонтального положения в вертикальное, если они предусмотрены в технической документации.

Изготовленные из труб детали (змеевики, секции, коллекторы, трубные пучки и др.), если они составляют части негабаритных сосудов или заказываются отдельно от сосудов, следует поставлять собранными на прокладках, предусмотренных технической документацией.

В комплект сосудов с механизмами и внутренними устройствами (реакторы, кристаллизаторы, емкости с погружными насосами и др.) должны входить электродвигатели, редукторы, насосы и др., предусмотренные технической документацией.

В комплект запасных частей должен входить комплект рабочих прокладок для фланцев. Если по условиям эксплуатации сосуда требуется большее количество запасных прокладок в течение предусмотренного срока службы, то поставка их осуществляется согласно требованиям технических условий на сосуд.

Ѣокументация

К сосудам необходимо прилагать паспорт по форме, приведенной в приложении С ГОСТ 34347 (для сосудов с расчетным давлением не свыше О,О5 МПа или без давления (под налив) и в приложении Т ГОСТ 34347 (для сосудов с расчетным давлением свыше О,О5 МПа и/или под вакуумом).

1k.1k. МАРКИРОВКА, КОНСЕРВА¡ИЯ И ОКРАСКА, ҮМАКОВКА, ТРАНСМОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

Маркировка

Сосуды должны иметь табличку, соответствующую требованиям ГОСТ 12971.

Табличку допускается не устанавливать на сосудах наружным диаметром не более 325 мм. В этом случае необходимые данные наносят на корпус сосуда.

Табличку размещают на видном месте.

Табличку крепят на приварном подкладном листе, приварной скобе, приварных планках или приварном кронштейне.

На табличку должны быть нанесены:

- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- наименование или обозначение (шифр заказа) сосуда;
- порядковый номер сосуда по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- расчетное давление, МПа;
- рабочее или условное давление, МПа;
- пробное давление, МПа;
- допустимая рабочая температура стенки, °С;
- масса сосуда, кг;
- год изготовления;
- клеймо технического контроля.

Сосуды, прошедшие сертификацию, следует маркировать знаком соответствия согласно ГОСТ Р 5О46О.

На наружную поверхность стенки сосуда должна быть нанесена следующая маркировка:

- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- клеймо технического контроля.

Маркировку сосудов толщиной стенки корпуса не менее 4 мм наносят клеймением или гравировкой, а толщиной стенки менее 4 мм — гравировкой или несмываемой краской. Маркировку заключают в рамку, выполненную атмосферостойкой краской, защищенной бесцветным лаком (тонким слоем смазки). Глубина маркировки клеймением или гравировкой должна быть О,2–О,3 мм.

Качество и цвет маркировки должны соответствовать требованиям ГОСТ 26828.

Шрифт маркировки по ГОСТ 26.020 для плоской печати и по ГОСТ 26.008 для ударного способа.

Кроме основной маркировки следует:

а) выполнять по две контрольные метки вверху и внизу обечайки под углом 90° на неизолируемых вертикальных сосудах, не имеющих специальных приспособлений для выверки вертикальности их на фундаменте;

б) наносить монтажные метки (риски), фиксирующие в плане главные оси сосуда, для выверки проектного положения его на фундаменте;

в) наносить несмываемой краской отличительную окраску на строповые устройства;

г) прикреплять (или отливать) стрелку, указывающую направление вращения механизмов, при этом стрелку необходимо окрашивать в красный цвет несмываемой краской;

д) наносить монтажную маркировку (для негабаритных сосудов, транспортируемых частями);

е) наносить отметки, указывающие положение центра масс на обечайке сосудов, при этом отметки располагать на двух противоположных сторонах сосуда;

ж) указывать диаметр отверстий под регулировочные болты несмываемой краской вблизи от одного из отверстий (при наличии регулировочных болтов в опорной конструкции сосуда).

Примечание. Отметки центра масс выполняют по ГОСТ 14192. Когда координаты центра тяжести изделия и груза, отправляемого без упаковки в тару, совпадают, то знак, определяющий координаты центра масс, наносят один раз с двух сторон, а когда не совпадают, то наносят дважды с двух сторон. К знаку, определяющему координаты центра масс, дополнительно наносят буквы «ЦМ».

Маркировка отгрузочных мест по ГОСТ 14192.

На транспортируемых частях негабаритных сосудов должны быть указаны:

– обозначение сосуда;
– порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
– обозначение транспортируемой части.

На каждом сосуде, поставочном блоке, негабаритных частях сосуда следует указывать места крепления стропов, положение центра тяжести. Должны быть предусмотрены и поставлены предприятием-изготовителем устройства в соответствии с технической документацией, обеспечивающие установку в проектное положение сосуда в собранном виде или поставочного блока.

Консервация и окраска

Консервации и окраске подлежат сосуды, принятые отделом технического контроля.

Консервацию металлических неокрашенных поверхностей сосудов, поставляемых в полностью собранном виде, а также негабаритных поставочных частей, комплектующих деталей и сборочных единиц, входящих в объем поставки, следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 9.014, и она должна обеспечивать защиту от коррозии при транспортировании, хранении и монтаже в течение не менее 24 мес со дня отгрузки с предприятия-изготовителя.

Консервацию сосудов следует проводить по технологии предприятия-изготовителя с учетом условий транспортирования и хранения по ГОСТ 9.014.

Методы консервации и применяемые для этого материалы должны обеспечивать возможность расконсервации сосудов в сборе и транспортируемых блоков (узлов) без их разборки.

Отвечающие требованиям НД марки консервационных материалов выбирают в каждом отдельном случае в зависимости от условий эксплуатации сосудов.

Примечание. Если по условиям эксплуатации требуется обезжиривание, которое невозможно выполнять без разборки сборочных единиц, то требование о безразборной расконсервации на эти сосуды не распространяется.

Свидетельство о консервации должно включать:

– дату консервации;
– марку консервационного материала;
– вариант внутренней упаковки;
– условия хранения;
– срок защиты без переконсервации;
– срок консервации;
– способы расконсервации.

Свидетельство прикладывается к паспорту сосуда, подвергнутого консервации.

При этом следует применять обозначения в соответствии с ГОСТ 9.014.

Поверхность сосуда (сборочной единицы) перед окраской должна быть подготовлена с учетом требований ГОСТ 9.402 по инструкции предприятия-изготовителя.

Выбор системы покрытий и лакокрасочных материалов для защиты сосудов (сборочных единиц) проводят в зависимости от условий эксплуатации, категории размещения, транспортирования, хранения, монтажа, габаритов и других условий согласно НД.

Цвет покрытия в зависимости от условий эксплуатации выбирают по ГОСТ Р 12.4.026 и техническим условиям на сосуд (сборочную единицу).

На период транспортирования, монтажа и хранения цвет покрытия не нормируется.

При поставке негабаритных сосудов частями или габаритными блоками защитное покрытие наносят в соответствии с требованиями подразделов 10.2.6 и 10.2.7 ГОСТ Р 52630.

Примечание. Кромки, подлежащие сварке на монтажной площадке, и прилегающие к ним поверхности шириной 50–60 мм должны быть защищены консистентной смазкой или другими материалами. Окраска кромок не допускается.

Упаковка, транспортирование и хранение

Упаковку сосудов следует проводить по технической документации на конкретный сосуд.

При необходимости, внутренние устройства и вращающиеся механизмы должны быть закреплены для предохранения от деформации под влиянием собственной массы и динамических нагрузок при транспортировании.

Все отверстия, патрубки, штуцера, муфты и присоединительные фланцы оборудования, поставляемого в сборе, а также поставочных блоков и узлов должны быть закрыты пробками или заглушками для защиты от повреждений уплотнительных поверхностей и от загрязнений. При этом ответственные разъемы оборудования, поставляемого в сборе, и поставочных блоков (узлов) должны быть опломбированы.

Отдельно отправляемые сборочные единицы, детали, запасные части должны быть упакованы в ящики или собраны в пакеты (стопы).

Вид упаковки выбирает предприятие-изготовитель, если нет других указаний в технической документации. Ящики и способы крепления по ГОСТ 2991, ГОСТ 5959, ГОСТ 1О198, ГОСТ 2165О.

Ящики для запасных частей сосудов, предназначенных на экспорт, должны соответствовать требованиям ГОСТ 24634 или требованиям контракта (договора).

Крепежные детали при отправке их в ящиках должны быть законсервированы согласно инструкции предприятия-изготовителя, а шпильки (болты) фланцевых соединений дополнительно упакованы в оберточную или парафинированную бумагу.

Техническая и товаросопроводительная документации, прилагаемые к сосудам, должны быть завернуты в водонепроницаемую бумагу или бумагу с полиэтиленовым покрытием и вложены в пакет, изготовленный из полиэтиленовой пленки толщиной не менее 15О мкм. Швы пакета сваривают (заклеивают).

Для дополнительной защиты от механических повреждений пакет должен быть обернут водонепроницаемой бумагой или полиэтиленовой пленкой. Края бумаги или пленки должны быть склеены синтетическим клеем. Если сосуд поставляют в виде нескольких грузовых мест, техническую документацию следует упаковывать в грузовое место № 1.

При отгрузке сосудов без тары техническую документацию следует крепить внутри сосуда или на сосуде. При этом на сосуд наносят надпись: «Документация находится здесь».

Каждое грузовое место должно иметь свой упаковочный лист, который вкладывают в пакет из водонепроницаемой бумаги или бумаги с полиэтиленовым покрытием. Пакет дополнительно завертывают в водонепроницаемую бумагу и размещают в специальном кармане, изготовленном в соответствии с документацией, применяемой на предприятии-изготовителе. Карман крепят около маркировки груза.

К ярлыку грузов, отправляемых в пакетах и связках, следует крепить футляр для упаковочного листа в соответствии с документацией, используемой на предприятии-изготовителе.

Второй экземпляр упаковочного листа или комплектовочной ведомости вместе с технической документацией упаковывают в грузовое место № 1.

Техническую документацию и второй экземпляр упаковочного листа допускается отправлять почтой. Отправку технической документации осуществляют в течение одного месяца после отгрузки сосуда.

Сосуды следует транспортировать железнодорожным транспортом в соответствии с требованиями Правил перевозок грузов железнодорожным транспортом.

Допускается транспортирование автомобильным и водным транспортом.

Транспортирование и крепление сосудов следует осуществлять по документации предприятия-изготовителя.

В целях обеспечения сохранности оборудования и его упаковки транспортирование и погрузочно-разгрузочные работы следует проводить без резких толчков и ударов.

Условия транспортирования и хранения сосудов на предприятии-изготовителе и монтажной площадке должны обеспечивать сохранность качества сосудов, предохранять их от коррозии, эрозии, загрязнения, механических повреждений и деформации.

Категорию и условия транспортирования и хранения сосудов в части воздействия климатических факторов внешней среды по ГОСТ 1515О следует указывать в технических условиях на конкретные сосуды. При назначении категории и условий хранения должна быть учтена сохраняемость комплектующих деталей.

1k.13. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Предприятие-изготовитель должно гарантировать соответствие сосудов требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации сосудов не менее 18 мес со дня ввода сосуда в эксплуатацию, но не более 24 мес после отгрузки с предприятия- изготовителя.

1k.14. НОРМЫ И МЕТОДЫ РАС ЕТА НА МРО НОСТЬ СОСУДОВ И АММАРАТОВ ОБuЕГО НАЗНА ЕНИЯ

Расчет на прочность сосудов и аппаратов регламентирован ГОСТ Р 52857.1. Для изложения методов расчета сосудов и аппаратов на прочность примем следующие обозначения:

c — сумма прибавок к расчетным толщинам, мм;

c_1 — прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

c_2 — прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

c_3 — прибавка для компенсации утонения стенки при технологических операциях, мм;

E — модуль продольной упругости при расчетной температуре, МПа;

$И_в$ — коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению разрыву (запас по пределу прочности);

$И_т$ — коэффициент запаса прочности по пределу текучести;

$И_д$ — коэффициент запаса прочности по пределу длительной прочности;

$И_п$ — коэффициент запаса прочности по пределу ползучести;

$И_у$ — коэффициент запаса устойчивости;

$И_{вп}$ — коэффициент запаса по пределу прочности для алюминия, меди и их сплавов;

$И_{вт}$ — коэффициент запаса по пределу прочности для титана и его сплавов;

p — расчетное давление для элемента сосуда или аппарата, МПа;

$R_{e/t}$ — минимальный предел текучести при расчетной температуре, МПа;

$R_{e/20}$ — минимальный предел текучести при температуре 20 °С, МПа;

$R_{p0,2/t}$ — минимальный условный предел текучести при остаточном удлинении 0,2% при расчетной температуре, МПа;

$R_{p0,2/20}$ — минимальный условный предел текучести при остаточном удлинении 0,2% при температуре 20 °С, МПа;

$R_{p1,0/t}$ — минимальный условный предел текучести при остаточном удлинении 1,0% при расчетной температуре, МПа;

$R_{p1,0/20}$ — минимальный условный предел текучести при остаточном удлинении 1,0% при температуре 20 °С, МПа;

$R_{m/t}$ — минимальное значение временного сопротивления разрыву (предел прочности) при расчетной температуре, МПа;

$R_{m/20}$ — минимальное значение временного сопротивления разрыву при температуре 20 °С, МПа;

$R_{m/10^{И}/t}$ — среднее значение предела длительной прочности при растяжении для ресурса $10^{И}$ ч при расчетной температуре, МПа;

$R_{p1,0/10^{И}/t}$ — средний 1,0% предел ползучести при растяжении за 10И ч при расчетной температуре, МПа;

s — исполнительная толщина стенки элемента сосуда, мм;

$s_{осн}$ — толщина основного слоя двухслойной стали, мм;

$s_{пл}$ — толщина коррозионно-стойкого слоя двухслойной стали, мм;

$s_р$ — расчетная толщина стенки элемента сосуда, мм;

условиях ползучести при i-м сочетании температур и нагрузок (i = 1, 2, ..., $И$), ч;

$[T]_i$ — расчетное допустимое время эксплуатации при i-м сочетании температур и нагрузок (i = 1, 2, ..., $И$), ч;

t — расчетная температура стенки элемента сосуда, °С;

α — коэффициент линейного расширения материала, 1/°С;

η — поправочный коэффициент к допускаемым напряжениям стальных отливок;

σ_m — общие мембранные напряжения, МПа;

σ_{mL} — местные мембранные напряжения, МПа;

$\sigma_и$ — общие изгибные напряжения, МПа;

$\sigma_{иL}$ — местные изгибные напряжения, МПа;

σ_t — общие температурные напряжения, МПа;

σ_{tL} — местные температурные напряжения, МПа;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_1$ — допускаемое напряжение основного металла для элементов из двухслойной стали при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_2$ — допускаемое напряжение коррозионно—стойкого слоя для элементов из двухслойной стали при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_{20}$ — допускаемое напряжение при температуре 20°С с коэффициентами запаса прочности для рабочих условий, МПа;

$[\sigma]_м$ — допускаемое условно—упругое напряжение при расчетной температуре для оценки напряжений, определяемых по суммам составляющих общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений, МПа;

$[\sigma]_R$ — допускаемое значение суммарных мембранных (общих или местных), изгибных (общих и местных) и температурных напряжений, МПа;

$\tau_{ср}$ — средние по сечению сдвигающие напряжения, МПа;

τ_{max} — максимальные сдвигающие напряжения, МПа;

φ — коэффициент прочности сварных и паяных швов.

Общие положения

Расчет на прочность необходимо проводить для всех прогнозируемых состояний сосудов и аппаратов,

T_i — длительность этапов эксплуатации в

работающих под давлением, возникающих во время их эксплуатации, испытания, транспортирования, монта- жа. При этом следует учитывать все нагрузки и внешние факторы, которые могут оказать влияние на прочность и устойчивость конструкции, а также учитывать веро- ятность их одновременного воздействия.

В частности, при определении расчетных параме- тров для каждого элемента сосуда или аппарата необ-

ходимо учитывать при условии их наличия следующие нагрузки и факторы:

– внутреннее и/или наружное давление;
– температуры окружающей среды и рабочие температуры;
– разность температур в переходных состояниях или разность коэффициентов линейного расширения;
– нагрузки от массы сосуда и его содержимого в рабочих условиях и условиях испытания;
– нагрузки при транспортировании и монтаже сосуда;
– инерционные нагрузки при движении, остановках и колебаниях элементов сосудов и аппаратов;
– нагрузки от ветровых и сейсмических воздействий;
– реактивные усилия (противодействия), которые передаются от опор, креплений, трубопроводов и т.д.;
– ударные нагрузки от воздействия газожидкостной смеси или иных причин;
– разность температур в переходных состояниях и/или разность коэффициентов линейного расширения;
– нагрузки от стесненности температурных деформаций;
– изменения давления и температуры как в процессе нормальной эксплуатации, так и при возможных нарушениях режима работы;
– ползучесть металла;
– усталость при переменных нагрузках;
– вибрацию;
– резонанс;
– коррозию и эрозию;
– старение металла, охрупчивание под действием среды и другие механизмы деградации материала.

При проектировании сосудов и аппаратов и выполнении расчетов на прочность необходимо учитывать все возможные предельные состояния, которые могут привести к выходу конструкции из строя и/или потере работоспособности.

К основным предельным состояниям при статическом нагружении, не зависящим от времени эксплуатации, относятся:

а) недопустимая общая пластическая деформация, разрушение, связанное с образованием трещин при значительной общей пластической деформации, пластическая потеря устойчивости, пластическое разрушение из-за чрезмерных местных деформаций;
б) упругая или упругопластическая потеря устойчивости конструкции в целом или ее отдельных частей;
в) значительная упругая или пластическая деформация, приводящая к потере герметичности разъемных соединений или к потере работоспособности конструкции при эксплуатации;
г) хрупкое разрушение.

К основным предельным состояниям при статическом нагружении, зависящим от времени эксплуатации, относятся:

а) разрушение при ползучести, связанное с деградацией свойств материала и исчерпанием запаса длительной прочности;
б) значительная деформация, вызванная ползучестью, приводящая к потере герметичности разъемных соединений или к потере работоспособности конструкции при эксплуатации;
в) потеря устойчивости при ползучести;
г) коррозия и/или эрозия;
д) сероводородное коррозионное растрескивание под напряжением, водородное растрескивание и т.д.

К основным предельным состояниям при повторно-статическом и циклическом нагружениях относятся:

а) накопление местных пластических деформаций при повторно-статическом нагружении, приводящее к образованию трещин при значительном уровне местных пластических деформаций и сравнительно небольшом числе циклов;
б) малоцикловая усталость, приводящая к образованию усталостных трещин при местных упруго-пластических деформациях;
в) усталость, приводящая к образованию усталостных трещин при номинальных упругих деформациях;
г) совместное воздействие усталости и ползучести;
д) усталость, в условиях воздействия сред, вызывающих коррозионное растрескивание под напряжением, сероводородное коррозионное растрескивание и т.д.;
е) прогрессирующая пластическая деформация при циклическом нагружении, приводящая к недопустимым изменениям формы конструкции и потере работоспособности.

В качестве критерия прочности, позволяющего использовать прочностные характеристики, полученные при одноосном растяжении, для анализа прочности элементов конструкции, находящихся в двух- или трехосном напряженно-деформированном состоянии, в ГОСТ 34233.1 – ГОСТ 34233.11 используется критерий прочности по теории максимальных касательных напряжений, за исключением сосудов из титана и титановых сплавов, для которых используется критерий прочности Мизеса-Хилла. В настоящем стандарте учет этого критерия для трансверсально-изотропных материалов осуществляют корректировкой коэффициентов запаса прочности. Применение этих критериев обязательно в любых расчетах, использующих коэффициенты запаса и допускаемые напряжения по ГОСТ 34233.1.

Нормы и методы расчета на прочность, приведенные в ГОСТ 34233.1 – ГОСТ 34233.11, учитывают основные виды нагружения и основные, наиболее часто встречающиеся предельные состояния, которые могут привести к выходу конструкции из строя и/или потере работоспособности. При этом при соблюдении требований к материалам, конструкции, изготовлению и контролю, приведенных в ГОСТ 34347 и в соответствующих нормативных документах для сосудов и ап-

паратов из цветных металлов, исключается возможность хрупкого разрушения.

Для подтверждения прочности, плотности, устойчивости и работоспособности конструкции могут быть использованы:

– расчет по формулам, приведенным в ГОСТ 34233.1 – ГОСТ 34233.11;
– численное моделирование напряженно-деформированного состояния и предельных состояний конструкции;
– подтверждение прочности, плотности и работоспособности конструкции с помощью экспериментальных исследований и испытаний.

Эти методы могут использоваться как по отдельности, так и совместно для получения наиболее надежных результатов.

Расчеты на прочность элементов сосудов и аппаратов в ГОСТ 34233.2, элементов теплообменных аппаратов с плавающей головкой, U-образными трубами и камер секций аппаратов воздушного охлаждения в ГОСТ 34233.7 выполняются по методу предельных нагрузок.

В основу методов расчета узлов врезки штуцеров, приведенных в ГОСТ 34233.3, положены результаты экспериментальных исследований, приближенные расчеты по методу предельных нагрузок и условный упругий расчет напряжений с оценкой по категориям приведенных напряжений.

Условный упругий расчет напряжений используется также для расчета фланцевых соединений — по ГОСТ 34233.4, оценки малоцикловой усталости — по ГОСТ 34233.6, расчета элементов кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с неподвижными трубными решетками и компенсатором на кожухе — по ГОСТ 34233.7, расчета элементов аппаратов с рубашками — по ГОСТ 34233.8.

Для расчета элементов сосудов и аппаратов в узлах опирания в ГОСТ 34233.5 в основном используется смешанный метод, при котором напряженно-деформированное состояние рассматриваемых узлов определяется с помощью условного упругого расчета, а оценка проводится по предельному состоянию пластической балки-полоски.

Основным условием применения расчета по методу предельных нагрузок является достаточная пластичность материалов.

Условно материал считается пластичным, если ударная вязкость на образцах KCV более 27 Дж/см2, удлинение образца при разрыве превышает 14%, а отношение предела текучести к временному сопротивлению не более О,8. Если материал не обладает достаточной пластичностью, то допускаемое напряжение определяют на основании специальных исследований или применяют другие методы расчета.

Предельная нагрузка определяется на основе анализа, использующего теорему о нижней границе несущей способности и расчетную схему, предполагающую, что материал является жесткопластическим, зависимость деформация – перемещение относится к теории малых перемещений и при решении уравнений равновесия не учитываются перемещения элементов конструкции под нагрузкой.

Для обеспечения единого подхода и удобства расчета коэффициенты запаса прочности по отношению к предельным нагрузкам отнесены к прочностным характеристикам используемого материала и учитываются при назначении допускаемых напряжений.

При расчете на устойчивость допускаемые нагрузки определяют по нижним критическим напряжениям.

Численное моделирование конструкции проводят, когда конструктивные особенности или особенности нагружения не позволяют рассчитать ее с помощью расчетных формул ГОСТ 34233.2 — ГОСТ 34233.11.

Численное моделирование конструкции может осуществляться с использованием следующих моделей поведения материала: условно упругого и упругопластического.

Условный упругий расчет проводят с оценкой по категориям напряжений.

Критерии оценки результатов условного упругого расчета приведены в п. 8.1О ГОСТ 34233.1.

Упругопластический расчет проводят с учетом физической и в случае необходимости геометрической нелинейности. Этот метод позволяет получить более точную оценку прочности, устойчивости и работоспособности конструкции, но существенно сложнее условного упругого расчета.

Расчетная температура и температурные напряжения

Расчетную температуру используют для определения прочностных характеристик материала и допускаемых напряжений, а также при расчете на прочность с учетом температурных воздействий.

Расчетную температуру стенки определяют на основе теплотехнических расчетов или результатов испытаний, а также на основании опыта эксплуатации аналогичных сосудов.

За расчетную температуру стенки сосуда или аппарата принимают наибольшую температуру стенки элемента с учетом температурных условий, ожидаемых в процессе эксплуатации. При рабочей температуре среды ниже 2О°С за расчетную температуру при определении допускаемых напряжений принимают температуру 2О°С. Минимальные температуры стенки элементов сосудов и аппаратов, находящихся под давлением, используют при выборе материалов для того, чтобы избежать возникновения условий, при которых возможно хрупкое разрушение.

Если невозможно провести тепловые расчеты или измерения и если во время эксплуатации температура стенки повышается до температуры среды, соприкасающейся со стенкой, то за расчетную температуру

следует принимать наибольшую температуру среды, но не ниже 2О °С.

При обогреве открытым пламенем, отработанными газами или электронагревателями расчетную температуру принимают равной температуре среды, увеличенной на 2О °С при закрытом обогреве и на 5О °С — при прямом обогреве, если нет более точных данных.

Если сосуд или аппарат эксплуатируется при нескольких различных режимах нагружения или разные элементы аппарата работают в разных условиях, для каждого режима допускается определять свою расчетную температуру.

Расчет с учетом температурных напряжений следует выполнять в случаях, указанных в ГОСТ 34233.2 — ГОСТ 34233.4, ГОСТ 34233.6 — ГОСТ 34233.11, и при выполнении расчетов в соответствии с п. 8.1О ГОСТ 34233.1.

При расчете напряжений, вызванных стесненностью температурных деформаций, используют возможные при эксплуатации значения температур различных элементов, приводящие к возникновению наибольших температурных напряжений или наиболее неблагоприятного сочетания различных напряжений. Эти температуры могут отличаться от расчетных температур, используемых при определении допускаемых напряжений.

Напряжения, вызванные стесненностью температурных деформаций, представляют особую опасность при значительном числе теплосмен. При относительно высоких скоростях нагрева и/или охлаждения элементов сосуда или аппарата температуры, используемые при расчете напряжений, вызванных стесненностью температурных деформаций, следует определять, исходя из результатов решения задачи нестационарной теплопроводности, учитывающей влияние на распределение температур скорости нагрева-охлаждения.

Рабочее, расчетное и пробное давление

Под рабочим давлением для сосуда и аппарата следует понимать максимальное внутреннее избыточное или наружное давление, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса, без учета гидростатического давления среды и допустимого кратковременного повышения давления во время действия предохранительного клапана или других предохранительных устройств.

Под расчетным давлением в рабочих условиях следует понимать давление, на которое проводят расчет на прочность.

Расчетное давление для сосуда или аппарата принимают (назначают), как правило, равным рабочему давлению или выше.

При назначении расчетного давления необходимо учитывать нестабильность перерабатываемых сред и технологического процесса.

Необходимость превышения расчетного давления над рабочим определяют с учетом назначения сосуда или аппарата, условий его эксплуатации и наличия предохранительных устройств.

Если на сосуде или подводящем трубопроводе к сосуду установлено предохранительное устройство, ограничивающее давление в сосуде, то при определении расчетного давления не учитывают кратковременное превышение рабочего давления в пределах 1О%.

Если в сосуде или аппарате имеется два или более герметично разделенных пространств, значения расчетного давления назначаются для каждого из пространств в отдельности.

При проектировании сосуда или изменении параметров эксплуатации при реконструкции расчетное давление для сосуда или аппарата должно либо задаваться заказчиком, либо определяться организацией, выполняющей расчет сосуда.

В случае, если сосуд или аппарат работает в двух или более режимах, расчетное давление назначается для каждого режима в отдельности.

Для каждого элемента сосуда или аппарата при расчетах используют свое значение расчетного давления, которое должно учитывать:

– внутреннее избыточное/наружное давление;
– гидростатическое давление от среды, содержащейся в сосуде;
– инерционные нагрузки при движении или сейсмических воздействиях.

Гидростатическое давление от среды, содержащейся в сосуде, учитывают при назначении расчетного давления для элемента сосуда в случае, если оно равно или более 5% расчетного давления для сосуда.

Для элементов сосуда или аппарата, разделяющих пространства с разными давлениями (например, в аппаратах с обогревающими рубашками), за расчетное давление следует принимать либо каждое давление в отдельности, либо давление, которое требует большей толщины стенки рассчитываемого элемента. Если обеспечивается одновременное действие давлений, то допускается проводить расчет на разность давлений. Разность давлений принимается в качестве расчетного давления также для таких элементов, которые отделяют пространства с внутренним избыточным давлением от пространства с абсолютным давлением меньшим, чем атмосферное. Если отсутствуют точные данные о разности между абсолютным давлением и атмосферным, то абсолютное давление принимают равным нулю.

Под пробным давлением в сосуде или аппарате следует понимать давление, при котором проводят испытание сосуда или аппарата.

Для сосуда или аппарата, работающего в двух или более режимах, значение пробного давления принимается наибольшим из определенных для каждого режима.

Под расчетным давлением в условиях испытаний для элементов сосудов или аппаратов следует прини-

мать давление, которому они подвергаются во время пробного испытания, включая гидростатическое давление. Гидростатическое давление от среды, содержащейся в сосуде, учитывают при назначении расчетного давления для элемента сосуда в случае, если оно равно или более 5% пробного давления.

Расчетные усилия и моменты

За расчетные усилия и моменты принимают действующие для соответствующего состояния нагружения (например, при эксплуатации, испытании или монтаже) внутренние усилия и моменты, возникающие в результате действия собственной массы сосуда и аппарата, массы рабочей среды, инерционных нагрузок, нагрузок от реакции опор и присоединенных трубопроводов, сейсмических, ветровых и других внешних нагрузок.

Расчетные усилия и моменты от ветровых, сейсмических и других внешних нагрузок определяют по ГОСТ 34283.

Допускаемые напряжения и коэффициенты запаса прочности

Допускаемое напряжение [σ] при расчете по предельным нагрузкам сосудов и аппаратов, работающих при статических однократных нагрузках, вычисляют по формулам:

– для углеродистых, низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых, легированных хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых, ферритных, аустенитно-ферритных, мартенситных сталей и сплавов на железоникелевой основе:

$$[\sigma] = \eta \min\left\{\frac{R_{e/t}}{n_{\text{Т}}} \text{ или } \frac{R_{p0,2/t}}{n_{\text{Т}}};\ \frac{R_{m/t}}{n_{\text{В}}};\ \frac{R_{m/10^n/t}}{n_{\text{Д}}};\ \frac{R_{p1,0/10^n/t}}{n_{\text{П}}}\right\}; \quad (12.6)$$

– для аустенитной хромоникелевой стали, алюминия, меди и их сплавов:

$$[\sigma] = \eta \min\left\{\frac{R_{p0,1/t}}{n_{\text{Т}}};\ \frac{R_{m/t}}{n_{\text{В}}};\ \frac{R_{m/10^n/t}}{n_{\text{Д}}};\ \frac{R_{p1,0/10^n/t}}{n_{\text{П}}}\right\}; \quad (12.6)$$

Предел ползучести используют для определения допускаемого напряжения, когда отсутствуют данные по пределу длительной прочности или когда по условиям эксплуатации необходимо ограничивать деформацию (перемещения).

При отсутствии данных об условном пределе текучести при 1%-ном остаточном удлинении используют значение условного предела текучести при О,2%-ном остаточном удлинении.

При отсутствии данных о пределе текучести и длительной прочности допускаемое напряжение для алюминия, меди и их сплавов вычисляют по формуле

$$[\sigma] = \frac{R_{m/t}}{n_{\text{ВП}}}. \quad (12.8)$$

Допускаемые напряжения для титановых сплавов вычисляют по формуле:

$$[\sigma] = \frac{R_{m/t}}{n_{BT}}. \quad (12.9)$$

Для условий испытания сосудов из углеродистых, низколегированных, ферритных, аустенитно-ферритных, мартенситных сталей и сплавов на железоникелевой основе допускаемое напряжение вычисляют по формуле:

$$[\sigma] = \eta\left\{\frac{R_{e/20}}{n_{\text{Т}}} \text{ или } \frac{R_{p0,2/20}}{n_{\text{Т}}}\right\}. \quad (12.1О)$$

Для условий испытаний сосудов из аустенитных сталей допускаемое напряжение вычисляют по формуле:

$$[\sigma] = \eta\left\{\frac{R_{p1,0/20}}{n_{\text{Т}}}\right\}. \quad (12.11)$$

При отсутствии данных об условном пределе текучести при растяжении, обуславливающем остаточное удлинение в 1,О%, используют значение условного предела текучести при О,2%-ном остаточном удлинении.

Для условий испытаний сосудов из алюминия, меди и их сплавов допускаемое напряжение вычисляют по формуле:

$$[\sigma] = \eta\left\{\frac{R_{p0,2/20}}{n_{\text{Т}}} \text{ или } \frac{R_{p1,0/20}}{n_{\text{Т}}}\right\}. \quad (12.12)$$

Если допускаемое напряжение для рабочих условий определяют по формуле (3), то для сосудов из алюминия, меди и их сплавов допускаемое напряжение для условий испытания вычисляют по формуле

$$[\sigma] = \frac{R_{m/20}}{n_{BП}}. \quad (12.13)$$

Для условий испытаний сосудов из титановых сплавов допускаемое напряжение вычисляют по формуле

$$[\sigma] = \frac{R_{m/20}}{n_{BT}}. \quad (12.14)$$

Коэффициенты запаса прочности должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 12.22.

Таблица 12.22

Ко5ффициенты запаса прочности материалов

Условия нагружения	Коэффициенты запаса прочности							
	сталей, сплавов на железоникелевой основе, алюминия, меди и их сплавов [12.6, 12.7, 12.1О, 12.11, 12.12]				алюминия, меди и их сплавов [12.8, 12.13]	алюминиевых литейных сплавов [12.8, 12.13]	титанового листового проката и прокатных труб [12.9, 12.14]	титановых прутков и поковок [12.9, 12.14]
	$И_т$	$И_{в*}$	$И_д$	$И_п$	$И_{вп}$	$И_{вп}$	$И_{вт}$	$И_{вт}$
Рабочие условия	1,5	2,4	1,5	1,О	3,5	7,О	2,6	3,О
Условия испытания:								
– гидравлические	1,1	–	–	–	1,8	3,5	1,8	1,8
– пневматические	1,2	–	–	–	2,О	3,5	2,О	2,О
Условия монтажа	1,1	–	–	–	1,8	3,5	1,8	1,8

Примечание. *Для аустенитной хромоникелевой стали, алюминия, меди и их сплавов в формуле (12.4) Ив = 3,О.

Если допускаемое напряжение для сталей аустенитного класса вычисляют по условному пределу текучести при остаточном удлинении О,2%, коэффициент запаса прочности Ит по условному пределу текучести $R_{p0,2/t}$ для рабочих условий допускается принимать равным 1,3.

Поправочный коэффициент η к допускаемым напряжениям должен быть равен единице, за исключением стальных отливок, для которых коэффициент η имеет следующие значения: О,8 — для отливок, подвергающихся индивидуальному контролю неразрушающими методами и О,7 — для остальных отливок.

Расчет на прочность цилиндрических обечаек и конических элементов, выпуклых и плоских днищ и крышек, фланцев для условий испытания проводить не требуется, если расчетное давление в условиях испытания будет меньше, чем расчетное давление в рабочих условиях, умноженное на 1,35 $[\sigma]_{2О}/[\sigma]$.

Для материалов, широко используемых в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, допускаемые напряжения для рабочих условий при η, равном 1, приведены в табл. 12.23.

Допускаемые напряжения для материалов, не приведенных в табл. 12.23, определяют по 8.1 ГОСТ 34233.1. Расчетные механические характеристики, необходимые для определения допускаемых напряжений, определяют при нормальной температуре по соответствующим стандартам или техническим условиям, а при повышенных температурах – после проведения испытаний представительного числа образцов, обеспечивающих гарантированные значения прочностных характеристик материала.

Для импортных материалов, применяемых для изготовления сосудов, работающих под давлением, коэффициенты запаса при выборе допускаемых напряжений должны быть не ниже значений, указанных в табл. 12.22.

Для стальных элементов сосудов и аппаратов, работающих в условиях ползучести при разных за весь период эксплуатации расчетных температурах, давлениях и других нагрузках, следует выполнять расчет на каждое из возможных в течение эксплуатации в условиях ползучести сочетание нагрузок и определять для этого сочетания нагрузок расчетное допускаемое время эксплуатации $[T]i$.

При этом должно соблюдаться условие

$$\sum_{1}^{I_i} \frac{T_i}{[T]_i} \le 1. \qquad (12.15)$$

При определении величины [T]i следует исполь- зовать допускаемые напряжения, определенные в соответствии с 8.1 – 8.3 ГОСТ 34233.1 на базе дли- тельных характеристик материала: предела длитель- ной прочности и/или предела ползучести. Величины предела длительной прочности и/или предела полз- учести для расчетного ресурса менее 1О5 ч и более 2·1О5 ч, а также при температурах, для которых в табл. 12.23 отсутствуют значения допускаемых напряже- ний, зависящих от расчетного ресурса, определяют на основе справочных данных или результатов испы- таний, выполненных в соответствии с требованиями 8.6 ГОСТ 34233.1.

В случае непрерывного изменения температур в процессе эксплуатации этапы эксплуатации при разной температуре стенки рекомендуется принимать по интер- валам температуры, не превышающим 1О°С.

Допускаемое напряжение для сосудов из двухслой- ных сталей вычисляют по формуле

$$[\sigma] = \frac{[\sigma]_1 \left(S_{\text{осн}} - c\right) + [\sigma]_2 \left(S_{\text{пл}} - c\right)}{\left(S_{\text{осн}} - c\right) + \left(S_{\text{пл}} - c\right)}. \quad (12.16)$$

где $[\sigma]_1$ и $[\sigma]_2$ – допускаемые напряжения соответствен- но основного металла и коррозионно-стойкого слоя, определяемые по табл. 12.23 – 12.25.

Учитывая допуск на толщину коррозионно-стой- кого слоя при определении допускаемого напряжения по формуле (12.16), толщина коррозионно-стойкого слоя принимается минимальной, если $[\sigma]_1 < [\sigma]_2$. Если $[\sigma]_1 > [\sigma]_2$. то толщина коррозионно-стойкого слоя при- нимается максимальной.

Разрешается допускаемое напряжение определять по основному слою. В этом случае прибавка на коррозию принимается равной толщине коррозионно-стойкого слоя.

Сосуды и аппараты, работающие при малоцикловых нагрузках, дополнительно рассчитываются по ГОСТ 34233.6.

Для элементов сосудов и аппаратов, рассчитываемых по условным упругим напряжениям, оценку следует проводить по приведенным значениям напряжений в критических сечениях, которые разбивают по категориям на общие и местные напряжения:

σ_m – общие мембранные напряжения;

$\sigma_{m.L}$ – местные мембранные напряжения;

$\sigma_и$ – общие изгибные напряжения;

$\sigma_{и.L}$ – местные изгибные напряжения;

σ_t – общие температурные напряжения;

$\sigma_{t.L}$ – местные температурные напряжения.

Приведенные напряжения в критических расчетных сечениях сосудов и аппаратов из стали, алюминия, меди и их сплавов определяют в соответствии с теорией максимальных касательных напряжений, за исключением сосудов из титана и титановых сплавов, для которых используется критерий Мизеса-Хилла для трансверсально-изотропных материалов, у которых механические свойства изотропны в плоскости слоя и анизотропны по толщине. Допускается определять приведенные напряжения для оболочечных конструкций из титана и титановых сплавов так же, как для стали. При этом влияние анизотропии учитывают при оценке несущей способности введением повышенного значения запаса прочности в соответствии с п. 8.2 ГОСТ 34233.1.

Условия статической прочности при расчетных температурах ниже температур, при которых допускаемые напряжения устанавливают по пределам длительной прочности или ползучести, выполняются, если

$$\sigma_m \le [\sigma];$$
$$(\sigma_m \text{ или } \sigma_{mL}) + \sigma_и \le [\sigma]_M; \qquad (12.17)$$
$$(\sigma_m \text{ или } \sigma_{mL}) + \sigma_и + \sigma_{иL} + \sigma_t + \sigma_{tL} \le [\sigma]_R,$$

где $[\sigma_m] = 1{,}5\,[\sigma]$; $[\sigma]_R = 3\,[\sigma]$.

Условия статической прочности при расчетных температурах, при которых допускаемые напряжения устанавливают по пределам длительной прочности или ползучести, выполняются, если

$$\sigma_m \le [\sigma];$$
$$(\sigma_m \text{ или } \sigma_{mL}) + 0{,}8\sigma_и \le [\sigma]_M; \qquad (12.18)$$
$$(\sigma_m \text{ или } \sigma_{mL}) + 0{,}8(\sigma_и + \sigma_{иL} + \sigma_t + \sigma_{tL}) \le [\sigma]_R,$$

где $[\sigma_m] = [\sigma]$; $[\sigma]_R = 1{,}4\,[\sigma]$.

В формулах (12.17), (12.18) используются линеаризованные по сечению значения приведенных напряжений.

При чистом сдвиге должны выполняться следующие требования:

– для средних по сечению сдвигающих напряжений:

$$\tau_{ср} \le 0{,}5[\sigma]; \qquad (12.19)$$

– для максимальных сдвигающих напряжений:

$$\tau_{max} \le 0{,}8[\sigma]. \qquad (12.20)$$

Расчетные механические характеристики материалов приведены в табл. 12.23 – 12.43.

Таблица 12.23

Допускаемые напряжения для углеродистых, низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение [σ], МПа, для сталей марок															
	Ст3				09Г2С, 16ГС				20, 20К		10		10Г2, 09Г2		17ГС, 17Г1С, 10Г2С1	
	Толщина, мм															
	до 20		св. 20		до 32		св. 32		до 160							
	Расчетный ресурс, ч															
	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105
20	154		140		196		183		147		130		180		183	
100	149		134		177		160		142		125		160		160	
150	145		131		171		154		139		122		154		154	
200	142		126		165		148		136		118		148		148	
250	131		120		162		145		132		112		145		145	
300	115		108		151		134		119		100		134		134	
350	105		98		140		123		106		88		123		123	
375	93		93		133		116		98		82		108		116	
400	85	68	85	68	122		105		92	74	77	61	92	78	105	
410	81	65	81	65	104		104		86	69	75	60	86	73	104	
420	75	60	75	60	92		92		80	64	72	57	80	68	92	

Продолжение табл. 12.23

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение [σ], МПа, для сталей марок															
	Ст3				09Г2С, 16ГС				20, 20К		10		10Г2, 09Г2		17ГС, 17Г1С, 10Г2С1	
	Толщина, мм															
	до 20		св. 20		до 32		св. 32		до 160							
	Расчетный ресурс, ч															
	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105	105	2·105
430	71 *	57 *	71 *	57 *	86	73	86	73	75	60	68	54	75	64	86	73
440	–	–	–	–	78	66	78	66	67	53	60	48	67	57	78	66
450	–	–	–	–	71	53	71	53	61	49	53	42	61	46	71	53
460	–	–	–	–	64	48	64	48	55	44	47	37	55	41	64	48
470	–	–	–	–	56	42	56	42	49	39	42	33	49	37	56	42
475	–	–	–	–	53	40	53	40	46	36	37	29	46	34	53	40

* Для расчетной температуры стенки 425°С.

Примечания.

1. При расчетных температурах ниже 20°С допускаемые напряжения принимают такими же, как при 20°С, при условии допустимого применения материала при данной температуре.

2. Для промежуточных расчетных температур стенки допускаемое напряжение определяют линейной интерполяцией с округлением результатов до 0,5 МПа в сторону меньшего значения.

3. Для стали марки 20 при $R_{e/20}$ < 220 МПа допускаемые напряжения, указанные в настоящей таблице, умножают на отношение $R_{e/20/220}$.

4. Для стали марки 10Г2 при $R_{p0,2/20}$ < 270 МПа допускаемые напряжения, указанные в настоящей таблице, умножают на отношение $R_{p0,2/20/270}$.

5. Для труб из стали марки 09Г2С допускаемые напряжения независимо от толщины принимают равными указанным в графе, соответствующей толщине свыше 32 мм.

6. Для поковок из стали марки 09Г2С категории прочности 245 по ГОСТ 8479 допускаемые напряжения принимают равными указанным в графе, соответствующей толщине свыше 32 мм, умноженными на 0,9.

7. Для стали марок 09Г2С, 16ГС классов прочности 265 и 295 по ГОСТ 19281 допускаемые напряжения независимо от толщины листа принимают равными указанным в графе, соответствующей толщине свыше 32 мм.

8. Выше черты приведены значения допускаемых напряжений, не зависящих от расчетного ресурса. Расчетный ресурс работы в условиях ползучести определяют по условиям нагружения и продолжительности работы сосуда при ползучести.

9. Для снижения температурного предела применения на 20°С (но не ниже минус 70°С) допускаемые напряжения уменьшают в 1,35 раза при условии проведения термообработки сосуда, при отсутствии термообработки сосуда допускаемые напряжения уменьшают в 2,85 раза.

Таблица 12.24

Допускаемые напряжения для теплоустойчивых хромомолибденовых сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение [σ], МПа, для сталей марок											
	12ХМ		12МХ		15ХМ		15Х5М		15Х5М-У		10Х2М1А-А	
	Расчетный ресурс, ч											
	10^5	$2·10^5$	10^5	$2·10^5$	10^5	$2·10^5$	10^5	$2·10^5$	10^5	$2·10^5$	10^5	$2·10^5$
20	147		147		155		146		240		204	
100	146,5		146,5		153		141		235		190	
150	146		146		152,5		138		230		180	
200	145		145		152		134		225		175	
250	145		145		152		127		220		170	
300	141		141		147		120		210		168	
350	137		137		142		114		200		165	
375	135		135		140		110		180		163	
400	132		132		137		105		170		160	
410	130		130		136		103		160		159	
420	129		129		135		101		150		158	
430	127		127		134		99		140	119	156	
440	126		126		132		96		135	115	155	
450	126		126		132		96		130	110	154	

Продолжение табл. 12.24

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение [σ], МПа, для сталей марок											
	12ХМ		12МХ		15ХМ		15Х5М		15Х5М-У		10Х2М1А-А	
	Расчетный ресурс, ч											
	10^5	$2\cdot10^5$	10^5	$2\cdot10^5$	10^5	$2\cdot10^5$	10^5	$2\cdot10^5$	10^5	$2\cdot10^5$	10^5	$2\cdot10^5$
460	126		126		132		96		126	107	140	
470	117		117		122		89	75	122	104	130	
480	114		114		117		86	73	118	100	120	107
490	105	89	105	89	107	91	83	70	114	97	104	93
500	96	72	96	72	99	74	79	59	108	81	88	78
510	82	61	82	61	84	63	72	54	97	73	80	71
520	69	52	69	52	74	55	66	50	85	64	70	62
530	60	45	57	43	67	50	60	45	72	54	60	53
540	50	37	47	35	57	43	54	40	58	43	52	45
550	41	31	–	–	49	37	47	35	52	39	45	38
560	33	25	–	–	41	31	40	30	45	34	38	33
570	–	–	–	–	–	–	35	26	40	30	32	27
580	–	–	–	–	–	–	30	22	34	25	27	23
590	–	–	–	–	–	–	28	21	30	22	24	20
600	–	–	–	–	–	–	25	19	25	19	19	16
610	–	–	–	–	–	–	20	15	20	15	17	–
620	–	–	–	–	–	–	18	13	18	13	14	–
630	–	–	–	–	–	–	17	12	17	12	11	–
640	–	–	–	–	–	–	16	11	16	11	10	–
650	–	–	–	–	–	–	14	10	14	10	9	–

Примечания.

1. При расчетных температурах ниже 20 °С допускаемые напряжения принимают такими же, как при 20 °С при условии допустимого применения материала при данной температуре.

2. Для промежуточных расчетных температур стенки допускаемое напряжение определяют линейной интерполяцией с округлением результатов до 0,5 МПа в сторону меньшего значения.

3. Выше черты приведены значения допускаемых напряжений, не зависящих от расчетного ресурса.

Расчетный ресурс работы в условиях ползучести определяют по условиям нагружения и продолжительности работы сосуда при ползучести.

Таблица 12.25

Допускаемые напряжения для жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких сталей аустенитного класса

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение [σ], МПа, для сталей марок					
	03Х21Н21М4ГБ	03Х18Н11	03Х17Н14М3	08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 08Х17Н13М2Т, 08Х17Н15М3Т	12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т	10Х14Г14Н4Т
				Расчетный ресурс, ч		
				10^5 / $2\cdot10^5$	10^5 / $2\cdot10^5$	
20	180	160	153	168	184	167
100	173	133	140	156	174	153
150	171	125	130	148	168	146
200	171	120	120	140	160	137
250	167	115	113	132	154	130
300	149	112	103	123	148	123
350	143	108	101	113	144	118
375	141	107	90	108	140	115
400	140	107	87	103	137	113
410	–	107	83	102	136	112
420	–	107	82	101	135	111
430	–	107	81	100,5	134	110
440	–	107	81	100	133	109

Продолжение табл. 12.25

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение [σ], МПа, для сталей марок							
	03Х21Н21М4ГБ	03Х18Н11	03Х17Н14М3	08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 08Х17Н13М2Т, 08Х17Н15М3Т		12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т		10Х14Г14Н4Т
				Расчетный ресурс, ч				
				10^5	$2\cdot10^5$	10^5	$2\cdot10^5$	
450	–	107	80	99		132		108
460	–	–	–	98		131		–
470	–	–	–	97,5		130		–
480	–	–	–	97		129		–
490	–	–	–	96		128		–
500	–	–	–	95		127		–
510	–	–	–	94		126		–
520	–	–	–	79		125		–
530	–	–	–	79	71	124	111	–
540	–	–	–	78	70	111	100	–
550	–	–	–	76	68	111	99	–
560	–	–	–	73	66	101	91	–
570	–	–	–	69	62	97	87	–
580	–	–	–	65	58	90	81	–
590	–	–	–	61	55	81	73	–
600	–	–	–	57	46	74	59	–
610	–	–	–	–	–	68	54	–
620	–	–	–	–	–	62	50	–
630	–	–	–	–	–	57	45	–
640	–	–	–	–	–	52	41	–
650	–	–	–	–	–	48	38	–
660	–	–	–	–	–	45	36	–
670	–	–	–	–	–	42	33	–
680	–	–	–	–	–	38	30	–
690	–	–	–	–	–	34	27	–
700	–	–	–	–	–	30	24	–

Примечания.

1. При расчетных температурах ниже 20 °С допускаемые напряжения принимают такими же, как и при 20 °С, при условии допустимого применения материала при данной температуре.

2. Для промежуточных расчетных температур стенки допускаемое напряжение определяют интерполяцией двух ближайших значений, указанных в таблице, с округлением результатов до 0,5 МПа в сторону меньшего значения.

3. Для поковок из стали марок 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, при температурах до 550 °С умножают на 0,83.

4. Для сортового проката из стали марок 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, при температурах до 550 °С умножают на отношение $R_{p0,2/20/240}$*.

5. Для поковок и сортового проката из стали марки 08Х18Н10Т допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, при температурах до 550 °С умножают на 0,95.

6. Для поковок из стали марки 03Х17Н14М3 допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, умножают на 0,9.

7. Для поковок из стали марки 03Х18Н11 допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, умножают на 0,9; для сортового проката из стали марки 03Х18Н11 допускаемые напряжения умножают на 0,8.

8. Для труб из стали марки 03Х21Н21М4ГБ допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, умножают на 0,88.

9. Для поковок из стали марки 03Х21Н21М4ГБ допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, умножают на отношение $R_{p0,2/20/250}$**.

10. Выше черты приведены значения допускаемых напряжений, не зависящих от расчетного ресурса. Расчетный ресурс работы в условиях ползучести определяется по условиям нагружения и по продолжительности работы сосуда при ползучести.

* Предел текучести материала сортового проката $R_{p0,2/20}$ по ГОСТ 5949.

** Предел текучести материала поковок $R_{p0,2/20}$ по ГОСТ 2504.

Таблица 12.26

Допускаемые напряжения для жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких сталей аустенитного и аустенитно– ферритного класса и сплавов на железноникелевой основе

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести R_e, МПа, для сталей марок					
	12МХ	12ХМ	15ХМ	15Х5М	15Х5М–У	10Х2М1А–А
20	220	220	233	220	400	310
100	219	219	230	210	352,5	303
150	218	218	229	207	345	300
200	217,5	217,5	228	201	337,5	296
250	217,5	217,5	228	190	330	292
300	212	212	220	180	315	289
350	206	206	213	171	300	285
375	202	202	210	164	270	283
400	198	198	205	158	255	282
410	195	195	204	155	240	280
420	194	194	202	152	225	277
430	190	190	201	149	224	275
440	189	189	198	144	222	272
450	186	186	196	141	221	270
460	183	183	190	137	218	269
470	175	175	183	136	216	268
480	171	171	175	135	214	266
490	–	–	–	–	–	265
500	–	–	–	–	–	264
550	–	–	–	–	–	245
600	–	–	–	–	–	235

Таблица 12.27

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для теплоустойчивых хромомолибденовых сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления R_m, МПа, для сталей марок					
	12МХ	12ХМ	15ХМ	15Х5М	15Х5М-У	10Х2М1А-А
20	50	450	450	400	600	490
100	440	440	440	380	572	485
150	434	434	431	355	555	480
200	430	430	421	330	535	475
250	440	437	421	320	520	472
300	454	445	412	318	503	467
350	437	442	392	314	492	463
375	427	436	382	312	484	462
400	415	426	372	310	472	461
410	413	424	366	306	468	454
420	410	421	360	300	462	447
430	400	400	354	298	460	439
440	377	377	349	296	458	432
450	333	333	343	294	456	425
460	325	325	333	292	454	419
470	317	317	323	290	452	414
480	310	310	313	288	450	408
490	–	–	–	–	–	403
500	–	–	–	–	–	397
550	–	–	–	–	–	351
600	–	–	–	–	–	281

Таблица 12.28

Расчетное значение предела текучести $R_{p0,2/t}$ для аустенитного и аустенитно-ферритного класса сталей и сплавов на железоникелевой основе

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{p0,2}$, МПа, для сталей и сплавов марок					
	08Х18Г8Н2Т	07Х13АГ20	02Х8Н22С6	15Х18Н12С4ТЮ	08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т	06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ
20	350	350	200	350	350	220
100	328	260	160	330	300	207
150	314	230	150	310	290	195
200	300	200	135	300	283	186
250	287	190	125	280	250	175
300	274	180	115	270	240	165
350	–	170	–	–	–	160
375	–	165	–	–	–	157,5
400	–	160	–	–	–	155

Таблица 12.29

Расчётное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для аустенитного и аустенитно–ферритного класса сталей и сплавов на железоникелевой основе

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести R_e, МПа, для сталей марок							
	Ст3		09Г2С, 16ГС		20 и 20К	10	10Г2, 09Г2	17ГС, 17Г1С, 10Г2С1
	Толщина, мм							
	до 20	св. 20	до 32	св. 32	до 160			
20	250	210	300	280	220	195	270	280
100	230	201	265,5	240	213	188	240	240
150	224	197	256,5	231	209	183	231	231
200	223	189	247,5	222	204	177	222	222
250	197	180	243	218	198	168	218	218
300	173	162	226,5	201	179	150	201	201
350	167	147	210	185	159	132	185	185
375	164	140	199,5	174	147	123	162	174
400	–	–	183	158	–	–	–	158
410	–	–	–	156	–	–	–	156
420	–	–	–	138	–	–	–	138

Таблица 12.30

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для углеродистых, низколегированных марганцовистых и марганцево–кремнистых сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления R_m, Мпа, для сталей марок						
	Ст3		09Г2С, 16ГС		20 и 20К	10	10Г2, 09Г2, 17ГС, 17Г1С, 10Г2С1
	Толщина, мм						
	до 20	св. 20	до 32	св. 32	до 160		
20	460	380	470	440	410	340	440
100	435	360	425	385	380	310	385
150	460	390	430	430	425	340	430
200	505	420	439	439	460	382	439
250	510	435	444	444	460	400	444
300	520	440	445	445	460	374	445
350	480	420	441	441	430	360	441
375	450	402	425	425	410	330	425

Таблица 12.31

Расчетное значение предела текучести $R_{e/t}$ для теплоустойчивых хромомолибденовых сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести R_e, МПа, для сталей марок					
	12МХ	12ХМ	15ХМ	15Х5М	15Х5М–У	10Х2М1А–А
20	220	220	233	220	400	310
100	219	219	230	210	352,5	303
150	218	218	229	207	345	300
200	217,5	217,5	228	201	337,5	296
250	217,5	217,5	228	190	330	292
300	212	212	220	180	315	289
350	206	206	213	171	300	285
375	202	202	210	164	270	283
400	198	198	205	158	255	282
410	195	195	204	155	240	280
420	194	194	202	152	225	277
430	190	190	201	149	224	275
440	189	189	198	144	222	272
450	186	186	196	141	221	270
460	183	183	190	137	218	269
470	175	175	183	136	216	268
480	171	171	175	135	214	266
490	–	–	–	–	–	265
500	–	–	–	–	–	264
550	–	–	–	–	–	245
600	–	–	–	–	–	235

Таблица 12.32

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для теплоустойчивых хромомолибденовых сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления R_m, МПа, для сталей марок					
	12МХ	12ХМ	15ХМ	15Х5М	15Х5М–У	10Х2М1А–А
20	50	450	450	400	600	490
100	440	440	440	380	572	485
150	434	434	431	355	555	480
200	430	430	421	330	535	475
250	440	437	421	320	520	472
300	454	445	412	318	503	467
350	437	442	392	314	492	463
375	427	436	382	312	484	462
400	415	426	372	310	472	461
410	413	424	366	306	468	454
420	410	421	360	300	462	447
430	400	400	354	298	460	439
440	377	377	349	296	458	432
450	333	333	343	294	456	425
460	325	325	333	292	454	419
470	317	317	323	290	452	414
480	310	310	313	288	450	408
490	–	–	–	–	–	403
500	–	–	–	–	–	397
550	–	–	–	–	–	351
600	–	–	–	–	–	281

Таблица 12.33

Расчетное значение предела текучести $R_{p0,2/t}$ для аустенитного и аустенитно–ферритного класса сталей и сплавов на железоникелевой основе

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{pO,2}$, МПа, для сталей и сплавов марок					
	О8Х18Г8Н2Т	О7Х13АГ2О	О2Х8Н22С6	15Х18Н12С4ТЮ	О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т	О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ
2О	35О	35О	2ОО	35О	35О	22О
1ОО	328	26О	16О	33О	3ОО	2О7
15О	314	23О	15О	31О	29О	195
2ОО	3ОО	2ОО	135	3ОО	283	186
25О	287	19О	125	28О	25О	175
3ОО	274	18О	115	27О	24О	165
35О	–	17О	–	–	–	16О
375	–	165	–	–	–	157,5
4ОО	–	16О	–	–	–	155

Таблица 12.34

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для аустенитного и аустенитно-ферритного класса сталей и сплавов на железоникелевой основе

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления R_m, Мпа, для сталей и сплавов марок				
	О8Х18Г8Н2Т	О7Х13АГ2О	О2Х8Н22С6	15Х18Н12С4ТЮ	О6ХН28МДТ, О3ХН28МДТ
2О	6ОО	67О	55О	7ОО	55О
1ОО	535	55О	5ОО	64О	527,5
15О	495	52О	48О	61О	512,5
2ОО	455	49О	468	58О	5ОО
25О	415	485	45О	57О	49О
3ОО	375	48О	44О	57О	482,5
35О	–	465	–	–	478
375	–	458	–	–	474
4ОО	–	45О	–	–	47О

Таблица 12.35

Расчетное значение предела текучести $R_{p1,0/t}$ для жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких сталей аустенитного класса

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{p1,O}$, Мпа, для сталей марок				
	12Х18Н1ОТ, 12Х18Н12Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т	О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Т, О8Х17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т	О3Х21Н21М4ГБ	О3Х18Н11	О3Х17Н14М3
2О	276	252	27О	24О	23О
1ОО	261	234	26О	2ОО	21О
15О	252	222	257	187,5	195
2ОО	24О	21О	257	18О	18О
25О	231	198	25О	173	17О
3ОО	222	184,5	223	168	155
35О	216	169,5	215	162	152
375	21О	162	212	16О	135
4ОО	2О5,5	154,5	21О	16О	13О
41О	2О4	153	–	16О	125
42О	2О2,5	151,5	–	16О	123

Продолжение табл. 12.35

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{p1,0}$, Мпа, для сталей марок				
	12Х18Н1ОТ, 12Х18Н12Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т	О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Т, О8Х17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т	О3Х21Н21М4ГБ	О3Х18Н11	О3Х17Н14М3
43О	2О1	15О,75	–	16О	122
44О	199,5	15О	–	16О	121
45О	198	148,5	–	16О	12О
46О	196,5	147	–	–	–
47О	195	146	–	–	–
48О	193,5	145,5	–	–	–
49О	192	144	–	–	–
5ОО	19О,5	142,5	–	–	–
51О	189	141	–	–	–
52О	187,5	139,5	–	–	–
53О	186	138	–	–	–

Приме чания.

Предел текучести для поковок, сортового проката и труб при 2О°С следует принимать:

– для поковок из стали марок 12Х18Н1ОТ, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т: $R_{p1,0/2O}$ (листа)/1,2;
– для поковок и сортового проката из стали марки О8Х18Н1ОТ: $R_{p1,0/2O}$ (листа)/1,О5;
– для сортового проката из стали марок 12Х18Н1ОТ, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т: 1,15$R_{p1,0/2O}$ (сорта);
– для поковок из стали марок О3Х17Н14М3, О3Х18Н11: $R_{p1,0/2O}$ (листа)/1,11;
– для сортового проката из стали марки О3Х18Н11: $R_{p1,0/2O}$ (листа)/1,25;
– для труб из стали марки О3Х21Н21М4ГБ: $R_{p1,0/2O}$ (листа)/1,14;
– для поковок из стали марки О3Х21Н21М42Б: 1,О8$R_{pO,2/2O}$ (поковки)

[$R_{pO,2/2O}$ – предел текучести материала поковок по ГОСТ 25О54 (по согласованию)].

Таблица 12.36

Расчетное значение предела текучести $R_{p0,2/t}$ для жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких сталей аустенитного класса

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{pO,2}$, МПа, для сталей марок					
	12Х18Н1ОТ, 12Х18Н12Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т	О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Т, О8Х17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т	О3Х21Н21М4ГБ	О3Х18Н11	О3Х17Н14М3	1ОХ14Г14Н4Т
2О	24О	21О*	25О	2ОО	2ОО	25О
1ОО	228	195	24О	16О	18О	23О
15О	219	18О	235	15О	165	219
2ОО	21О	173	235	14О	15О	2О6
25О	2О4	165	232	135	14О	195
3ОО	195	15О	2О5	13О	126	185
35О	19О	137	199	127	115	177
375	186	133	195	125	1О8	173
4ОО	181	129	191	122,5	1ОО	17О
41О	18О	128	–	121,5	98	168
42О	18О	128	–	121	97,5	167
43О	179	127	–	12О,5	97	165
44О	177	126	–	12О	96	163,5
45О	176	125	–	12О	95	162
46О	174	125	–	–	–	–
47О	173	124	–	–	–	–
48О	173	123	–	–	–	–
49О	171	122	–	–	–	–

500	170	122	–	–	–	–

Продолжение табл. 12.35

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{p0,2}$, МПа, для сталей марок					
	12Х18Н1ОТ, 12Х18Н12Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т	О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Т, О8Х17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т	О3Х21Н21М4ГБ	О3Х18Н11	О3Х17Н14М3	1ОХ14Г14Н4Т
51О	168	12О	–	–	–	–
52О	168	119	–	–	–	–
53О	167	119	–	–	–	–

Приме чания.

1. Для поковок из стали марок 12Х18Н1ОТ, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т пределы текучести, приведенные в настоящей таблице, умножают на О,83.

2. Для сортового проката из стали марок 12Х18Н1ОТ, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т пределы текучести, приведенные в настоящей таблице, умножают на отношение $R_{p0,2/20}$/24О**.

3. Для поковок и сортового проката из стали марки О8Х18Н1ОТ пределы текучести, приведенные в настоящей таблице, умножают на О,95.

4. Для поковок из стали марки О3Х17Н14М3 пределы текучести, приведенные в настоящей таблице, умножают на О,9.

5. Для поковок из стали марки О3Х18Н11 пределы текучести, приведенные в настоящей таблице, умножают на О,9; для сортового проката из стали марки О3Х18Н11 пределы текучести умножают на О,8.

6. Для труб из стали марки О3Х21Н21М4ГБ пределы текучести, приведенные в настоящей таблице, умножают на О,88.

7. Для поковок из стали марки О3Х21Н21М4ГБ пределы текучести, приведенные в настоящей таблице, умножают на отношение $R_{p0,2/20}$/25О***.

* Для сталей О8Х17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т предел текучести при 2О °С равен 2ОО МПа.

** Предел текучести материала сортового проката $R_{p0,2/20}$ по ГОСТ 5949.

*** Предел текучести материала поковок $R_{p0,2/20}$ по ГОСТ 25О54.

Таблица 12.37

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких сталей аустенитного класса

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления R_m, Мпа, для сталей марок						
	О3Х21Н21М4ГБ	О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т	О3Х17Н14М3	О3Х18Н11	О8Х18Н1ОТ, О8Х18Н12Т, О8Х17Н13М2Т, О8Х17Н15М3Т	12Х18Н1ОТ, 12Х18Н12Т, 1ОХ17Н13М2Т, 1ОХ17Н13М3Т	1ОХ14Г14Н4Т
2О	55О	6ОО	5ОО	52О	52О	54О	6ОО
1ОО	54О	583	474	45О	48О	5ОО	535
15О	535	55О	453	433	455	475	498
2ОО	535	515	432	415	43О	45О	458
25О	534	5О3	412	4О5	424	443	432
3ОО	52О	5ОО	392	397	417	44О	424
35О	518	–	376	394	4О8	438	415
375	517	–	368	392	4О5	437	41О
4ОО	516	–	36О	39О	4О2	436	4О5
41О	–	–	358	388	4ОО	434	4О1
42О	–	–	356	386	398	432	397
43О	–	–	354	384	396	431	393
44О	–	–	352	382	394	43О	389
45О	–	–	35О	38О	392	428	385
46О	–	–	–	–	39О	426	–
47О	–	–	–	–	388	424	–
48О	–	–	–	–	386	422	–
49О	–	–	–	–	385	421	–
5ОО	–	–	–	–	383	42О	–
51О	–	–	–	–	381	418	–
52О	–	–	–	–	38О	416	–
53О	–	–	–	–	374*	412*	–

* Для расчетной температуры стенки 55О°С.

Таблица 12.38

Расчетное значение предела текучести $R_{p0,2/t}$ для алюминия и его сплавов в отожженном состоянии

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{pO,2}$, Мпа, для алюминия и его сплавов				
	А85М*, А8М*	АДОМ, АД1М, АДМ	АмцМ, АмцСМ	Амг2М, Амг3М	Амг5М, Амг6М
2О	24	3О	5О	7О	11О
5О	23	29	47	7О	1О3
1ОО	21	27	43	7О	92
15О	2О	25	4О	57	87

* Для толщин не более 3О мм, для остальных материалов — не более 6О мм.

Примечания.

1. Механические свойства труб из алюминия А85М, листов и плит из алюминия марок А85М, А8М толщиной свыше 3О мм и остальных марок свыше 6О мм должны соответствовать нормативным документам.

2. Значения $R_{pO,2}$ для алюминия и его сплавов в отожженном состоянии.

Таблица 12.39

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для алюминия и его сплавов в отожженном состоянии

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления R_m, Мпа, для алюминия и его сплавов				
	А85М*, А8М*	АДОМ, АД1М, АДМ	АмцМ,АмцСМ	Амг2М, Амг3М	Амг5М, Амг6М
2О	6О	6О	12О	17О	26О
5О	55	56	115	17О	257
1ОО	47	5О	1О5	17О	252
15О	39	39	85	154	21О

* Для толщин не более 3О мм, для остальных материалов – не более 6О мм.

Примечания.

1. Механические свойства труб из алюминия А85М, листов и плит из алюминия марок А85М, А8М толщиной свыше 3О мм и остальных марок – свыше 6О мм должны соответствовать нормативным документам.

2. Значения R_m для алюминия и его сплавов в отожженном состоянии.

Таблица 12.4О

Расчетное значение предела текучести $R_{p1,0/t}$ для меди и ее сплавов

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение предела текучести $R_{p1,O}$, Мпа, для меди и ее сплавов*					
	М2	М3	М3р	Л63, ЛС59-1	ЛО62-1	ЛХМц59-1-1
2О	77	81	81	1О5	163	2О4
5О	74	75	77	1О1	159	2О1
1ОО	72	68	7О	95	151	186
15О	64	63	63	9О	143	18О
2ОО	57	58	57	87	136	159
25О	52	52	52	83	129	14О

* Значения $R_{p1,O}$ для меди и ее сплавов приведены для толщин от 3 до 1О мм в отожженном состоянии.

Таблица 12.41

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для меди и ее сплавов

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетное значение временного сопротивления R_m, МПа, для меди и ее сплавов*					
	М2	М3	М3р	Л63, ЛС59-1	ЛО62-1	ЛХМц59-1-1
20	217	218	219	340	409	503
50	208	209	209	337	399	481
100	192	194	195	326	384	445
150	178	180	181	316	369	419
200	165	167	167	307	355	370
250	153	155	157	272	342	355

* Значения R_m для меди и ее сплавов приведены для толщин от 3 до 10 мм в отожженном состоянии.

Таблица 12.42

Расчетное значение предела текучести $R_{p0,2/t}$ для титана и его сплавов

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетные значения предела текучести $R_{p0,2}$, Мпа, для титана и его сплавов			
	ВТ1-0	ОТ4-0	АТ3	ВТ1-00
20	304	392	530	245
100	255	324	466	196
200	206	235	394	147
250	189	196	380	123
300	172	177	367	113
350	–	157	334	–
400	–	147	–	–

Таблица 12.43

Расчетное значение временного сопротивления $R_{m/t}$ для титана и его сплавов

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Расчетные значения временного сопротивления R_m, МПа, для титана и его сплавов			
	ВТ1-0	ОТ4-0	АТ3	ВТ1-00
20	373	471	589	294
100	329	407	518	250
200	275	327	439	196
250	245	294	422	167
300	221	250	407	142
350	–	245	372	–

400	–	240	–	–

Ко5ффициенты запаса устойчивости

Коэффициент запаса устойчивости $И_у$ при расчете сосудов и аппаратов на устойчивость по нижним критическим напряжениям в пределах упругости следует принимать:

– 2,4 — для рабочих условий;
– 1,8 — для условий испытания и монтажа.

Модули продольной упругости и ко5ффициенты линейного расширения

Расчетные значения модулей продольной упругости приведены в табл. 12.44.

Таблица12.44

Материал	Модуль продольной упругости $10^{-5}E$, МПа, при температуре, °С													
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Углеродистые и низколегированные стали	1,99	1,91	1,86	1,81	1,76	1,71	1,64	1,55	1,40	–	–	–	–	–
Теплоустойчивые и коррозионно-стойкие хромистые стали	2,15	2,15	2,05	1,98	1,95	1,90	1,84	1,78	1,71	1,63	1,54	1,40	–	–
Жаропрочные и жаростойкие аустенитные стали	2,00	2,00	1,99	1,97	1,94	1,90	1,85	1,80	1,74	1,67	1,60	1,52	1,43	1,32
Алюминий и его сплавы	0,72	0,69	0,67	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Медь	1,24	1,21	1,19	1,17	1,15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сплавы на основе меди	1,05	1,02	1,00	0,98	0,97	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Титан	1,15	1,10	1,06	1,01	0,95	0,88	–	–	–	–	–	–	–	–
Сплавы титана	1,10	1,06	1,02	0,96	0,90	0,83	0,76	0,70	–	–	–	–	–	–

Ко5ффициенты линейного расширения

Расчетные значения коэффициентов линейного расширения приведены в табл. 12.45.

Таблица 12.45

Расчётные значения ко5ффициентов линейного расширения

Марка материала	Расчетное значение коэффициента линейного расширения 10^6а°С$^{-1}$ при температуре °С				
	20 – 100	20 – 200	20 – 300	20 – 400	20 – 500
Ст3, 10, 20, 20К, 09Г2С, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 10Г2С1, 10Г2, 09Г2	11,6	12,6	13,1	13,6	14,1
12ХМ, 12МХ, 15ХМ, 15Х5М, 15Х5М-У	11,9	12,6	13,2	13,7	14,0
10Х2М1А-А	12,1	12,7	13,2	13,7	14,0
08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т	9,6	13,8	16,0	16,0	16,5
12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 03Х17Н14М3, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 03Х18Н11, 08Х17Н13М2Т, 08Х17Н15М3Т, 10Х14Г14Н4Т	16,6	17,0	18,0	18,0	18,0
03Х21Н21М4ГБ	14,9	15,7	16,6	17,3	17,5
06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ	15,3	15,9	16,5	16,9	17,3
08Х18Г8Н2Т	12,3	13,1	14,4	14,4	15,3
07Х13АГ20	16,5	17,5	18,0	18,5	–
02Х8Н22С6	12,3	13,9	14,9	15,7	16,2
20Х23Н18	15,7	–	16,6	17,3	17,5
А8, А85, АДОМ, АД1М, АМц, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АДМ	24,8	24,8	14,4	14,4	15,3
М2, М3, М3р, Л63, ЛС59-1, ЛО62-1, ЛХМц59-1-1	16,7	17,5	–	–	–

ВТ1-О, ВТ1-ОО, ОТ4-О, АТ3	8,8	8,9	9,3	–	–

Таблица 12.46

Ко5ффициенты прочности сварных швов для сосудов и аппаратов из стали и сплавов на железо-никелевой основе

Вид сварного шва и способ сварки	Коэффициент прочности сварных швов для сосудов и аппаратов из стали и сплавов	
	Длина контролируемых швов от общей длины составляет 1ОО%*	Длина контролируемых швов от общей длины составляет от 1О до 5О%*
Стыковой двусторонний с полным проплавлением или угловой двусторонний с полным проплавлением таврового соединения, выполняемый автоматической и полуавтоматической сваркой	1,О	О,9
Стыковой с подваркой корня шва с полным проплавлением или угловой двусторонний с полным проплавлением таврового соединения, выполняемый вручную	1,О	О,9
Стыковой шов, доступный сварке только с одной стороны и имеющий в процессе сварки металлическую подкладку со стороны корня шва, прилегающую по всей длине шва к основному металлу	О,9	О,8
Угловой двусторонний с неполным проплавлением таврового соединения	О,8	О,65
Стыковой, выполняемый автоматической и полуавтоматической сваркой с одной стороны с флюсовой или керамической подкладкой	О,9	О,8
Стыковой, выполняемый вручную с одной стороны	О,9	О,65

* Объем контроля определяется техническими требованиями на изготовление.

Таблица 12.47

Ко5ффициенты прочности сварных швов для сосудов и аппаратов из алюминия и его сплавов

Вид сварного шва и способ сварки	Коэффициент прочности сварного шва
Стыковой двусторонний с полным проплавлением, односторонний с технологической подкладкой, выполняемые сваркой в защитном газе или плазменной сваркой; угловой двусторонний с полным проплавлением таврового соединения, выполняемый сваркой в защитном газе	О,9О
Стыковой односторонний с полным проплавлением, угловой односторонний с полным проплавлением таврового соединения, выполняемые сваркой в защитном газе	О,85
Стыковой двусторонний с полным проплавлением, выполняемый ручной дуговой сваркой	О,8О
Стыковой односторонний с неполным проплавлением, угловой с неполным проплавлением таврового соединения, выполняемые всеми способами сварки	О,75

Таблица 12.48

Ко5ффициенты прочности сварных и паяных швов для сосудов и аппаратов из меди и ее сплавов

Вид сварного шва или паяного соединения и способ сварки	Коэффициент прочности сварного или паяного шва
Стыковой двусторонний с полным проплавлением, стыковой с подваркой корня шва, стыковой односторонний с технологической подкладкой, выполняемые автоматической дуговой сваркой неплавящимся электродом в защитном газе	О,92
Стыковой двусторонний с полным проплавлением, стыковой с подваркой корня шва, стыковой односторонний с технологической подкладкой, выполняемые ручной или полуавтоматической сваркой открытой дугой неплавящимся электродом или автоматической сваркой под флюсом	О,9О
Стыковой двусторонний с полным проплавлением, выполняемый ручной дуговой сваркой	О,85
Стыковой односторонний с технологической подкладкой, выполняемый ручной дуговой сваркой	О,8О
Паяное внахлестку	О,85

Таблица 12.49

Ко5ффициенты прочности сварных швов для сосудов и аппаратов из титана и его сплавов

Вид сварного шва и способ сварки	Коэффициент прочности сварного шва	
	Длина контролируемых швов от общей длины составляет 1ОО% *	Длина контролируемых швов от общей длины составляет от 1О до 5О%*
Стыковой двусторонний с полным проплавлением, выполняемый автоматической сваркой под флюсом, автоматической или ручной сваркой в среде аргона или гелия	О,95	О,85
Угловой двусторонний с полным проплавлением таврового соединения, выполняемый автоматической или ручной сваркой в среде аргона или гелия	О,9О	О,8О
Угловой двусторонний с неполным проплавлением таврового соединения	О,8О	О,65
Стыковой, доступный к сварке с одной стороны в защитной среде аргона или гелия при обеспечении защиты с обратной стороны	О,7О	О,6О

* Объем контроля определяется техническими требованиями на изготовление.

1k.1 . РЕГЛАМЕНТ МРОВЕДЕНИЯ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ MYCKA (ОСТАНОВКИ) ИЛИ ИСМЫТАНИЯ НА ГЕРМЕТИ НОСТЬ СОСYДОВ

Настоящий регламент распространяется на сосуды, изготовленные в соответствии с требованиями настоящего стандарта и эксплуатируемые под давлением на открытом воздухе или в неотапливаемом помещении.

Пуск (остановка) или испытание на герметичность в зимнее время, т.е. повышение (снижение) давления в сосуде при повышении (снижении) температуры стенки, должны осуществляться в соответствии с рис. 12.18.

Рис. 12.18. Схема изменения давления и температуры при пуске (остановке) сосуда в зимнее время:
p_1 — давление пуска; p_2 — рабочее давление;
t_1 — минимальная температура воздуха, при которой допускается пуск сосуда под давлением p_1;
t_2 — минимальная температура, при которой сталь и ее сварные соединения допускаются для работы под давлением в соответствии с требованиями табл. 2.2, 2.3, 4.26, 4.32, 4.47, 4.52, 4.6О, 4.62.

Давление пуска p_1 принимается согласно табл. 12.5О в зависимости от рабочего давления p_2.

Таблица 12.5О

p_2, МПа (кгс/см^2)	Менее О,1 (1)	От О,1 (1) до О,3 (3)	Более О,3 (3)
p_1, МПа (кгс/см^2)	p_2	О,1 (1)	О,35p_2

П р и м е ч а н и е. При температуре t_2, ниже или равной t_2, давление пуска $p1$ принимается равным рабочему давлению p_2.

Достижение давлений p_1 и p_2 рекомендуется осуществлять постепенно по О,25p_1 или О,25p_2 в течение часа с 15 минутными выдержками давлений на ступенях О,25p_1 (О,25p_2); О,5p_1 (О,5p_2); О,75p_1 (О,75p_2).

Температуры t_1 и t_2 принимают по табл. 12.51 в зависимости от типа сталей.

Скорость подъема (снижения) температуры должна быть не более 3О °С в час, если нет других указаний в технической документации.

Таблица 12.51

Марка стали или сплава	Минимальная температура воздуха t_1,°С	Минимальная температура t_2,°С	Температура наиболее холодных суток в районе установки сосуда обеспеченностью О,92
Ст3сп3, Ст3пс3, Ст3сп6, Ст3пс6, 2ОК-3	Минус 2О	0	Не ниже минус 4О°С
Ст3сп4, Ст3пс4, Ст3Гпс4, Ст3сп5, 2ОК-5, 2ОК-11, 2ОК-21	Минус 4О	Минус 2О	
16ГС-3, О9Г2С-3, 17ГС-3, 17Г1С-3 по ГОСТ 552О		Минус 3О	Не ниже минус 5О°С
16ГС-6, 16ГС-17, О9Г2С-6, О9Г2С-17, 17ГС-6, 17ГС-12, 17Г1С-6, 17Г1С-12 по ГОСТ 552О; 2ОЮч, О8Х22Н6Т, О8Х21Н6М2Т		Минус 4О	
12ХМ, 12МХ, 12Х1МФ		0	
1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А, 15Х2МФА, 15Х2МФА-А, 12Х2МФА, 15Х5М		О (см. примечание 3)	
О9Г2С-7 по ГОСТ 552О	Минус 55	Минус 5О	Не ниже минус 55°С
О9Г2С-8, О9Г2С-9 по ГОСТ 552О	Минус 55	Минус 55	Не ниже минус 6О°С

Примечания.

1. Для материалов, не приведенных в табл. 12.51, температуру t_2 определяют по приложениям А — Е ГОСТ 34347.
2. В случае снижения нижнего температурного предела применения углеродистых и низколегированных марганцовистых и марганцево-кремнистых сталей в соответствии с 4.1.8 давление пуска p_1 принимают равным рабочему давлению p_2, температуру t_1 — по установленному нижнему температурному пределу применения стали согласно 4.1.8 ГОСТ 34347.
3. Для сосудов, работающих в водородосодержащих средах, минимальную температуру t_2 следует определять с учетом воздействия растворенного остаточного водорода.

Требования табл. 12.51 не распространяются на аустенитные стали (см. табл. 2.26).

Испытания металла и сварных соединений на ступенчатое охлаждение

Для определения степени охрупчивания при эксплуатации основного металла и сварных соединений сталей 1ОХ2М1А-А, 1ОХ2М1А (1ОХ2М1А-ВД, 1ОХ2М1А-Ш), 12Х2МФА, 15Х2МФА-А проводят испытания на ступенчатое охлаждение.

Испытания основного металла на ступенчатое охлаждение проводят на одной заготовке с наибольшим фактором J [см. примечание 19 (приложение табл. 2.2) и примечание 1О (приложение табл. 2.3)] для каждой марки стали, если нет других указаний в технической документации.

Испытания основного металла на ступенчатое охлаждение проводят на образцах с V-образным надрезом типа 11 по ГОСТ 9454, вырезанных из проб, подвергнутых следующим послесварочным термообработкам (PWHT):

а) в режиме минимальной PWHT для определения кривой температуры перехода (фазовой диаграммы) до ступенчатого охлаждения;
б) в режиме минимальной PWHT плюс термообработка со ступенчатым охлаждением для определения кривой температуры перехода (фазовой диаграммы) после ступенчатого охлаждения.

Испытания сварных соединений на ступенчатое охлаждение проводят на образцах с V-образным надрезом типа IX по ГОСТ 6996, вырезанных из проб, подвергнутых следующим послесварочным термообработкам:

а) в режиме минимальной PWHT для определения кривой температуры перехода до ступенчатого охлаждения;
б) в режиме минимальной PWHT плюс термообработка со ступенчатым охлаждением для определения кривой температуры после ступенчатого охлаждения.

Испытания на ступенчатое охлаждение проводят для металла шва и зоны термического влияния с максимальным фактором X, если нет других указаний в документации

$$X = (1OP + 5Sb + 4SИ + As)/1OO \leq 15$$

где X — показатель отпускной хрупкости сталей, [ppm];

P, Sb, SИ и As — в частях на миллион.

При испытаниях работа удара KC на трех образцах при температуре t, равной минус 2О°С, должна быть не менее 55 Дж. Допускается минимальное значение KC на одном образце не ниже 47 Дж, если нет других указаний в технической документации.

Термообработку со ступенчатым охлаждением выполняют следующим образом:

– нагрев до 316°С;
– нагрев до 593°С с максимальной скоростью 56°С/ч;
– выдержка при 593°С в течение 1 ч, затем охлаждение с максимальной скоростью 6°С/ч до 538°С;
– выдержка при 538°С в течение 15 ч, затем охлаждение с максимальной скоростью 6°С/ч до 524°С;
– выдержка при 524°С в течение 24 ч, затем охлаждение с максимальной скоростью 6°С/ч до 496°С;
– выдержка при 496°С в течение 6О ч, затем охлаждение с максимальной скоростью 3°С/ч до 468°С;
– выдержка при 468°С в течение 1ОО ч, затем охлаждение с максимальной скоростью 28°С/ч до 316°С;
– далее охлаждение на воздухе.

Количество образцов для испытания должно быть достаточным для построения фазовых диаграмм материала (см. рис. 12.9).

При этом:

– для каждой серии испытаний подвергать образцы ударным испытаниям минимум при шести выбранных температурах;
– при каждой температуре должно быть не менее трех образцов;
– температуры перехода для работы удара 55 Дж определяют по фазовым диаграммам материала, снятым для двух партий образцов. Характеристики работы удара должны отвечать требованию:

С Tr55Дж + 2,5DC Tr55Дж ≤ 1О°С

v v

где C_VTr55Дж — температура перехода для работы удара 55 Дж материала, подвергнутого минимальной послесварочной термической обработке (PWHT);

DC_VTr55Дж — сдвиг температуры перехода для работы удара 55 Дж материала, подвергнутого минимальной послесварочной термической обработке (PWHT) плюс термообработка со ступенчатым охлаждением.

Рис. 12.9. Фазовые диаграммы материала до и после термической обработки со ступенчатым охлаждением

1k.16. НОРМЫ И МЕТОДЫ РАС ЕТА НА МРО НОСТЬ СОСYДОВ И АММАРАТОВ, РАБОТАЮuИХ С СЕРОВОДОРОДНЫМИ СРЕДАМИ

Нормы и методы расчета на прочность сосудов и аппаратов из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях воздействия статических и повторно-статических нагрузок под избыточным давлением при температурах не выше 2ОО °С в коррозионно-активных сероводородосодержащих влажных средах регламентируются ГОСТ 34233.1О.

Общий принцип подхода к расчету, использованный в данном стандарте, состоит в ограничении растягивающих напряжений (мембранных, изгибных — общих и местных), контактирующих с коррозионно-активными сероводородосодержащими средами, в дополнение к обычному расчету по предельному состоянию, выполняемому в соответствии с нормативными документами.

Данный стандарт применяется совместно с ГОСТ 34233.1.

Обозначения

c_1 — прибавка для компенсации коррозии, мм;

$И_т$ — коэффициент запаса прочности по пределу текучести, определяемый по таблице 2;

$И_в$ — коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению (пределу прочности), определяемый по табл. 12.22;

p — расчетное давление для элемента сосуда или аппарата, МПа;

p_{H_2S} — парциальное давление сероводорода, МПа;

$p_{общ.(абс.)}$ — абсолютное общее давление для элемента сосуда или аппарата при рабочей температуре среды, МПа;

$R_{e/t_{пр}}$ — минимальное значение предела текучести при температуре $t_{пр}$, МПа;

$R_{p0,2/t_{пр}}$ — минимальное значение условного предела текучести при остаточном удлинении О,2% при температуре $t_{пр}$, МПа;

$R_{m/t_{пр}}$ — минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при температуре $t_{пр}$, МПа;

$R_{e/t}$ — минимальный предел текучести при расчетной температуре, МПа;

$R_{pO,2/t}$ — минимальный условный предел текучести при остаточном удлинении О,2% при расчетной температуре, МПа;

$R_{m/t}$ — минимальное временное сопротивление (предел прочности) при расчетной темпера-

туре, МПа;

$R_{m/10^{H}/t}$ — среднее значение предела длительной прочности за 10^{H} часов при расчетной температуре, МПа;

$R_{p1,0/10^{H}/t}$ — средний 1% предел ползучести за 10^{H} часов при расчетной температуре, МПа;

r_{H_2S} — мольная доля сероводорода (H_2S) в рабочей среде в объемных процентах, %;

t — расчетная температура стенки для элемента сосуда или аппарата, °С;

$t_{пр}$ — предельная температура коррозионной активности рабочей среды, °С;

pH — водородный показатель кислотности рабочей среды;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение для материала элемента при расчетной температуре в рабочих условиях, МПа;

$[\sigma]_M$ — допускаемое значение общих мембранных и общих изгибных напряжений при расчетной температуре в соответствии с формулой 12.17, МПа;

$[\sigma]_R$ — допускаемое значение суммарных общих и местных мембранных и изгибных напряжений при расчетной температуре в соответствии формулой 12.6, МПа.

Общие положения

Расчет на прочность сосудов и аппаратов, предназначенных для эксплуатации в коррозионно-активных сероводородсодержащих влажных средах, имеет особенности, обусловленные специфическим коррозионным воздействием этих сред на металл конструктивных элементов.

Рабочие среды с содержанием сероводорода в концентрации, обуславливающей парциальное давление газовой фазы сероводорода от 0,0003 МПа и более, могут вызывать растрескивание, расслоение и изменение физико-механических свойств металла. Предельная концентрация растворенного сероводорода в воде, при которой возникает растрескивание, составляет 40 ppm.

В целях предотвращения сероводородного коррозионного растрескивания для сосудов и аппаратов, работающих в коррозионно-активных сероводородсодержащих влажных средах, применяют специальные материалы, стойкие к коррозионному растрескиванию, а также используют ингибиторы.

Сероводородное коррозионное растрескивание возникает при рабочих температурах сероводородсодержащих сред, при которых может происходить конденсация влаги. Предельная температура коррозионной активности сероводородсодержащих рабочих сред $t_{пр}$ является максимальной температурой насыщения водяного пара, зависящей от его парциального давления и массовой доли воды в рабочей среде.

При отсутствии более точных сведений о наличии влаги в рабочей среде принимают предельную температуру коррозионной активности сероводородсодержащих рабочих сред равной $t_{пр}$ = 250°С.

Сосуды и аппараты, работающие в контакте с коррозионно-активными сероводородсодержащими средами, в зависимости от парциального давления сероводорода p_{H_2S} и водородного показателя pH жидкой фазы рабочей среды подразделяют на пять категорий в соответствии с табл. 12.52.

Таблица 12.52

Категории сосудов по содержанию сероводорода в рабочей среде

Категория по содержанию сероводорода в рабочей среде	Парциальное давление сероводорода p_{H_2S}, МПа	Водородный показатель кислотности среды pH
I	$p_{H_2S} \geq 1$	Независимо
II	$0{,}1 \leq p_{H_2S} < 1$	pH <= 5
III	$0{,}01 \leq p_{H_2S} < 1$	pH > 5

IV	$0,01 \le p_{H_2S} < 0,1$	pH <= 5
V	$0,0003 < p_{H_2S} < 0,01$	Независимо

Парциальное давление газовой фазы сероводорода p_{H_2S} определяют по формуле

$$p_{H_2S} = p_{общ.(абс)} \times \frac{r_{H_2S}}{100}, \qquad (12.21)$$

где $p_{общ.(абс.)}$ — абсолютное общее давление в сосуде или аппарате в МПа при рабочей температуре среды; r_{H_2S} — мольная доля сероводорода (H_2S) в рабочей среде в объемных процентах.

Если рабочая температура среды в процессе эксплуатации всегда более $t_{пр}$, расчет выполняют по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.9, ГОСТ 34233.11 при установленной расчетной температуре.

Если возможна работа сосуда при температуре ниже $t_{пр}$, то проводят два расчета по определению основных размеров элементов, контактирующих с сероводородсодержащей средой:

1) при расчетной температуре с допускаемыми напряжениями по ГОСТ 34233.1;
2) при температуре, равной $t_{пр}$, с допускаемыми напряжениями согласно формуле 12.22 в зависимости от парциального давления сероводорода p_{H_2S} и водородного показателя pH жидкой фазы рабочей среды.

Допускаемые напряжения и коэффициенты запаса прочности

Допускаемые напряжения в рабочих условиях [σ] при расчете по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.9, ГОСТ 34233.11 элементов сосудов и аппаратов из углеродистых и низколегированных сталей, работающих при статических и повторно-статических нагрузках в коррозионно-активных сероводородсодержащих средах, вычисляют по формуле:

$$[\sigma] = \min\left\{\frac{R_{e/t}}{n_T} \text{ или } \frac{R_{p0,2/t}}{n_T}; \frac{R_{m/t}}{n_B}\right\}, \qquad (12.22)$$

где $И_т$ и $И_в$ определяют в соответствии с табл. 12.53.

Таблица 12.53

Коэффициенты запаса прочности

Категория сосуда или аппарата по содержанию сероводорода в рабочей среде	Коэффициенты запаса прочности	
	по пределу текучести $И_т$	по временному сопротивлению $И_в$
I	2	3
II	1,8	3
III, IV	1,6	2,6
V	1,5	2,4

Расчетные значения предела текучести и временного сопротивления для сталей принимаются по табл. 12.28 и 12.34.

Допускаемые напряжения и коэффициенты запаса прочности для условий монтажа и условий испытаний определяют по табл. 12.25 и 12.22.

Коэффициенты запаса устойчивости для элементов сосудов и аппаратов, работающих в коррозионно-активных сероводородсодержащих средах, определяют по разделу 12.14.

Пределы текучести, временные сопротивления и коэффициенты линейного расширения сталей марок 2ОЮч, 2ОКА и О9ГСНБЦ, используемых для изготовления сосудов и аппаратов I, II и IV категорий по табл. 12.53, принимают такими же, как для сталей марок 2О и О9Г2С.

Допускаемые напряжения для сталей, не приведенных в табл. 12.25, но рекомендованных для изготовления сосудов и аппаратов, предназначенных для эксплуатации в коррозионно-активных сероводородсодержащих влажных средах, принимают по гарантируемым значениям механических характеристик в соответствии со

стандартами или техническими условиями на стали или сертификатами на материалы.

При проверке условий статической прочности элементов сосудов и аппаратов из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в коррози- онно-активных сероводородсодержащих средах и рассчитываемых не по предельным нагрузкам, а на основании численного анализа напряженного состоя- ния, отдельно оценивают напряжения на поверхности, контактирующей с сероводородсодержащей средой, и отдельно — на поверхностях, не контактирующих с сероводородсодержащей средой.

Критерии прочности, допускаемые напряжения и коэффициенты запаса для элементов с не контактирую- щими с сероводородсодержащей средой поверхностями определяют по соответствующим нормативно-техниче- ским документам.

Для элементов с контактирующей с коррозион- но-активной сероводородсодержащей средой поверх- ностью допускаемые напряжения определяют с учетом коэффициентов запаса прочности в соответствии с 5.1 ГОСТ 34233.1.

Для оценки условно упругих напряжений, полученных численными методами, такими как метод конечных элементов, используют условия прочности по ГОСТ 34233.1 (пункт 8.1О).

Допускаемые напряжения [σ] для общих растягивающих мембранных напряжений, действующих по всему сечению элемента с контактирующей с сероводородсодержащей средой поверхностью, определяют в соответствии с формулой 12.22.

Допускаемые напряжения [σ] для общих сжимающих мембранных напряжений, действующих по всему сечению элемента с контактирующей с сероводородсодержащей средой поверхностью, определяют по ГОСТ 34233.1.

В зонах краевых эффектов используют допускаемые напряжения

$$[\sigma]_M = 1{,}5[\sigma] \text{ и } [\sigma]_R = 3[\sigma],$$

где [σ] определяют в соответствии с формулой 12.22 для оценки только растягивающих местных мембранных, общих и местных изгибных напряжений в элементе сосуда или аппарата на поверхности, контактирующей с сероводородсодержащей средой.

Оценку напряжений на остальных поверхностях проводят так же, как для обычных сосудов и аппаратов, работающих в тех же условиях, но не подверженных воздействию коррозионно-активных сероводородсодержащих сред.

Прибавки к расчетным толщинам 5лементов, работающих под внутренним давлением в контакте с коррозионно-активными сероводородсодержащими средами

При расчете элементов сосудов и аппаратов из углеродистых и низколегированных сталей, работающих под внутренним давлением в контакте с коррозионно-активными сероводородсодержащими средами, необходимо учитывать прибавку для компенсации коррозии не менее c_1 = 3 мм. Остальные прибавки принимают в соответствии с ГОСТ 34233.1 (раздел 12).

1k.1Z. ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМЕ МРЕДСТАВЛЕНИЯ РАС ЕТОВ НА МРО НОСТЬ, ВЫМОЛНЯЕМЫХ НА 5ВМ

Общие требования к содержанию, оформлению и формам представления выполняемых на ЭВМ расчетов на прочность по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.11 сосудов и аппаратов, применяемых в химической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности регламентируются ГОСТ 34233.12. Допускается использование данного стандарта также для других расчетов на прочность элементов сосудов и аппаратов, выполняемых в соответствии с нормативными документами.

Общие положения

Для расчетов на прочность, выполняемых на ЭВМ по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.11, регламентирующим нормы и методы расчета на прочность сосудов и аппаратов, следует использовать программы, полностью соответствующие области и условиям применения стандартов, содержащие четко разграниченные разделы, соответствующие применяемым стандартам.

Расчетные зависимости, заложенные в программы, должны в точности соответствовать ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.11.

В случае, если в программах используются какие-либо иные зависимости или методы расчета дополнительно к приведенным в ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.11, на это в каждом конкретном случае должно быть указано в документации к программам и в распечатке отчета о выполненном расчете.

Программы для расчетов на прочность по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.11 должны быть аттестованы Техническим комитетом по стандартизации ТК 23.

Форма представления расчетов на прочность, выполняемых на dВМ

Распечатки отчетов о выполненных расчетах должны быть оформлены так, чтобы их можно было непосредственно использовать в качестве документации по расчету на прочность.

В распечатке расчета должны быть приведены сведения об использованной программе, включая наименование, номер версии и данные об аттестации программы.

В распечатке расчета должны быть приведены сведения, позволяющие однозначно идентифицировать каждый из рассчитанных элементов сосуда или аппарата (наименование, номер чертежа, номер позиции в спецификации или иные данные).

Для каждого из рассчитываемых элементов должен быть указан национальный стандарт, по которому производится расчет, а также ссылки на раздел стандарта, тип рассматриваемой конструкции, условия нагружения или иные данные, по которым можно однозначно идентифицировать вид выполняемого расчета и использованные расчетные зависимости.

В распечатке расчета должны быть приведены все исходные данные, используемые в расчете, включая данные о материалах, расчетной температуре, нормализованных элементах, например болтах или шпильках, и т. д. Наименования и условные обозначения исходных данных должны соответствовать используемым в стандартах.

В распечатке расчета должны быть приведены основные и промежуточные результаты расчета в объеме, достаточном для того, чтобы сделать выводы о проч-

ности, устойчивости, долговечности, герметичности, необходимых толщинах элементов конструкции и других параметрах, оценка которых предусмотрена используемым стандартом, а также, в случае необходимости, провести полную верификацию выполненного расчета.

Результаты расчета на прочность должны быть подтверждены заключением о выполнении условий прочности, устойчивости, герметичности и т. д. При этом действующие на конструкцию нагрузки B сравнивают с допускаемыми нагрузками $[B]$:

$$B \leq [B] \text{ или } \frac{B}{[B]} \leq 1 .$$

При непосредственном определении расчетных толщин стенок S_R их можно сравнить с действительными значениями толщины стенки минус сумма прибавок: $S_R \leq s - c$. Эта проверка допускается только в том случае, когда используемый в стандарте метод определения размеров не предназначен для предварительной оценки расчетной толщины.

Более сложные условия прочности (например, для комбинированных нагрузок или проверок усталостной прочности) представляются в виде, предусмотренном соответствующим стандартом на расчет.

Для всех исходных данных и результатов расчета необходимо привести их наименования и/или их условные обозначения и единицы измерения. При этом следует пользоваться условными обозначениями и единицами измерения физических величин, принятыми в стандартах по расчету на прочность.

Значения исходных данных и результатов расчета, представляющих собой вещественные числа, должны приводиться с точностью, соответствующей физическому смыслу величины и точности используемого метода расчета. В случае, если точность представления (округления) величины в явном виде указывается в стандарте на расчет, как, например, точность представления величин допускаемых напряжений в ГОСТ 34233.1, точность ее представления в распечатке отчета должна соответствовать требованиям стандарта на расчет. Для величин, фигурирующих в распечатках отчетов о расчетах на прочность, точность представления которых не регламентируется в явном виде в стандартах на расчет, точность представления, соответствующая физическому смыслу и точности используемого метода расчета, составляет обычно от 3 до 5 значащих цифр.

Вещественные числа в распечатках расчетов могут быть представлены в виде десятичной дроби или в экспоненциальной форме с основанием 1О. Размеры в дюймах могут быть представлены в виде обычной дроби.

В качестве разделителя целой и дробной частей вещественного числа может использоваться как точка, так и запятая, но при этом во всей распечатке отчета о выполненном расчете должен использоваться один и тот же разделитель.

Числа в экспоненциальной форме могут быть представлены в виде произведения целого или десятичного числа на 1О в необходимой степени, например $2{,}5 \cdot 1O^6$, или в виде целого или десятичного числа, буквы «Е» и следующего за ней показателя степени, например 2,5Е6. Показатель степени может быть как положительным, так и отрицательным числом.

Распечатки отчетов о выполненных расчетах могут включать расчетные формулы, поясняющие рисунки или любые другие материалы, облегчающие восприятие и проверку результатов расчета.

Верхние и нижние индексы в распечатках отчетов о выполненных расчетах допускается печатать буквой или цифрой в одной строке с основным обозначением, например: $d1$ вместо d_1 или dА вместо d_A.

Допускается использовать в распечатках отчетов о выполненных расчетах обозначения букв греческого алфавита, напечатанные кириллицей или латинским шрифтом. Например: а — альфа или АЛЬФА, alpha или ALPHA; σ — сигма или СИГМА, sigma или SIGMA.

Допускается использовать в распечатках отчетов о выполненных расчетах обозначение степени числа знаком «^», например P^2 = P^2.

В случае, если распечатка отчета о выполненном расчете является частью конструкторской документации или входит в состав экспертизы, обоснования продления срока службы или иного документа, к оформлению которого предъявляются специальные требования, распечатка отчета, непосредственно используемая в качестве составной части упомянутой документации, должна отвечать соответствующим специальным требованиям, содержащимся в регламентирующих оформление этой документации стандартах. В случае, если отчет выпускается в виде электронного документа, должны дополнительно выполняться требования ГОСТ 2.О51 и ГОСТ 2.О52.

ГЛАВА 13

ОБЕ AŇKИ

¡ИЛИНДРИ ЕСКИЕ

13.1. КОНСТРУК¡ИИ

Цилиндрические обечайки являются одним из основных элементов технологических аппаратов. Из одной или нескольких обечаек образуется цилиндрический корпус аппарата. Они входят составной частью в различные внутренние и наружные устройства аппаратов.

Обечайки большей частью изготовляются вальцовкой из листового проката, реже из сварных труб большого диаметра или поковок.

Исполнительную (принятую) толщину стенки вальцованных обечаек следует применять в пределах 6–42 мм.

Кромки обечаек, образующие корпус аппарата, соединяются между собой преимущественно встык.

Вальцованные обечайки должны иметь возможно меньше сварных швов, особенно продольных. Поэтому листы для изготовления обечаек желательно выбирать больших размеров, сообразуясь с рациональным раскроем (малыми отходами). Обечайки могут вальцеваться как по длинной, так и по короткой стороне листа.

Обечайки диаметром до 1ООО мм должны изготовляться не более чем с двумя продольными швами, а диаметром свыше 1ООО мм допускается изготовлять из нескольких листов максимально возможной длины. Вставки допускаются шириной не менее 4ОО мм для аппаратов 1, 2, 3, 4-й групп (табл. 12.1) и не менее 2ОО мм для аппаратов 5-й группы.

Допускается изготовлять обечайки путем вальцовки карт, сваренных встык в плоском состоянии из небольших листов. В этом случае ширина листов в карте должна быть не менее 8ОО мм.

Продольные швы в листах смежных обечаек должны быть смещены по отношению друг друга на значение не менее трехкратной толщины стенки обечайки, но не менее чем на 1ОО мм между осями швов. В обечайках, выполняемых из карт, допускаются перекрещивающиеся швы в листах толщиной до 3О мм (при автоматической или электрошлаковой сварке и 1ОО %-ном просвечивании швов) для корпусов аппаратов, работающих под избыточным давлением до 1,6 МПа и при температуре до 4ОО °С. Допускается изготовление корпусов аппаратов из полуобечаек.

Отклонение в длине развертки окружности взаимостыкуемых обечаек должно обеспечивать нормируемую величину смещения кромок В листов (рис. 13.1), измеряемое по среденной поверхности, в стыковых соединениях, определяющих прочность аппарата. Величина смещения не должна превышать B = О,1s, но не более 3 мм, где s — наименьшая толщина свариваемых листов.

Рис. 13.1. Смещение кромок

Рекомендуемые допускаемые отклонения в длине окружности развертки обечаек приведены в табл. 13.1.

Местное утонение толщины стенки обечайки в любом случае допускается не более чем до ее расчетного размера.

Неперпендикулярность торцов обечайки к ее образующей допускается в пределах 1 мм на 1 м диаметра, но не более 3 мм при диаметре до 3 м.

Корпуса аппаратов, сваренные из отдельных обечаек, должны удовлетворять следующим требованиям:

Таблица 13.1

Рекомендуемые допускаемые отклонения в длине окружности развертки обечаек, мм

Толщина стенки обечайки	Обечайки из стали			
	углеродистой и легированной	высоколегированной	двухслойной при диаметре, мм	
			до 2ООО	св. 2ООО
До 14	±3	±3	±3	±5
16–18	±5	±3	±3	±5
2О	±7	±3	±3	±5
22–24	±7	±5	±4	±5
26–28	±9	±5	±4	±5
3О–34	±11	±6	±6	±6
36–38	±13	±6	±6	±6

4О и более	±15	±8	±8	±8

Рис.13.2. Конструкции гладких цилиндрических обечаек (корпусов) аппаратов:
а — с фланцем и плоским днищем; *б* — с жесткими внутренними перегородками;
в — с отбортованными эллиптическими и коническими днищами;
г — с неотбортованными сферическими и коническими днищами; *д* — с рубашкой на нижней части аппарата;
е — с рубашкой на средней части аппарата

Отклонение внутреннего (наружного) диаметра корпуса аппаратов, за исключением теплообменных аппаратов, допускается не более ±1 % номинального диаметра.

Относительная овальность «а» корпуса аппаратов (за исключением теплообменных аппаратов, а также аппаратов, работающих под вакуумом или наружным давлением) не должна превышать 1 %. Величина относительной овальности определяется:

– в местах, где не установлены штуцера и люки, по формуле:

$$a = \frac{2^{\wedge}D_{max} - D_{miИ}}{D_{max} + D_{miИ}} \$ 100\%,$$

– в местах установки штуцеров и люков по формуле:

$$a = \frac{2^{\wedge}D_{max} - D_{miИ} 0,02d}{D_{max} + D_{miИ}} \$ 100\%,$$

где D_{max}, $D_{miИ}$ — соответственно наибольший и наименьший внутренние диаметры корпуса, измеренные в одном поперечном сечении, *d* — внутренний диаметр штуцера или люка.

Значение «а» допускается увеличивать до 1,5 % для аппаратов при отношении толщины корпуса к внутреннему диаметру не более О,О1.

Значение «а» для аппаратов, работающих под вакуумом или наружным давлением, должно быть не более О,5 %.

Значение «а» для аппаратов без давления (под налив) должно быть не более 2 %.

У аппаратов с внутренними устройствами, устанавливаемыми в корпус в собранном виде, непрямолинейность допускается в пределах номинального зазора между внутренним диаметром корпуса и наружным диаметром устройства. У таких аппаратов усиления кольцевых и продольных сварных швов на внутренней поверхности корпуса должны быть защищены заподлицо с основным внутренних устройств в месте усиления шва — предусматривать местную выемку. В тех случаях, когда снятие усиления является все же необходимым, должна быть обеспечена коррозионная стойкость корпуса в месте снятого усиления.

Типовые конструкции гладких цилиндрических обечаек (корпусов) аппаратов приведены на рис. 13.2, а конструкция цилиндрической обечайки (корпуса), подкрепленной кольцами жесткости, — на рис. 13.3. Последние применяются преимущественно в аппаратах, работающих под вакуумом или под наружным давлением.

Кольца жесткости в зависимости от конструктивных возможностей могут располагаться как внутри, так и снаружи корпуса. Форма поперечного сечения колец может быть произвольной. В качестве примера (рис. 13.3) показаны наружные (прямоугольного сечения) и внутренние (таврового сечения) кольца; *x — x* — металлом в местах, мешающих установке устройства.

При изготовлении аппаратов из двухслойных сталей усиление желательно не снимать, а у деталей

ось, проходящая через центр тяжести сечения кольца. Поперечное сечение кольца жесткости чаще всего бы- вает прямоугольным, но может быть в виде фасонного профиля (угольника, швеллера, двутавра и т. д.).

13.k. РАС ЕТ ¡ИЛИНДРИ ЕСКИХ ОБЕ АЕК НА МРО НОСТЬ

Нормы и методы расчета цилиндрических и кони- ческих обечаек регламентированы ГОСТ Р 52857.2.

ѓсловные обозначения

$A_к$ — площадь поперечного сечения кольца жесткости, мм^2;

$A_р$ — площадь поперечного сечения ребра жесткости, мм^2;

a — ширина кольца жесткости у сферического неотбор- тованного днища или крышки, мм;

$a_{1р}$, $a_{2р}$ — расчетные длины переходных зон конических и цилиндрических обечаек, мм;

a_1, a_2 — исполнительные длины переходных элементов конических и цилиндрических обечаек, мм;

$a_г$ — овальность поперечного сечения отвода (отношение разности максимального и минимального наружных диаметров сечения к их полусумме), %;

B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7 — безразмерные коэффициенты;

b — расстояние между двумя смежными кольцами жесткости или коэффициент в приложении А, мм;

b_i (i = 1, 2, 3, ..., $И$) — длины хорд отверстий в диаметральных сечениях плоских круглых днищ и крышек, мм;

c — сумма прибавок к расчетным толщинам стенок, мм;

c_1 — прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

c_2 — прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

c_3 — технологическая прибавка, мм;

c_{31} — технологическая прибавка к толщине стенки, учитывающая ее утонение с внешней стороны отвода, зависящая от способа изготовления отвода, мм;

c_{32} — технологическая прибавка к толщине стенки, учитывающая ее утонение с внутренней стороны отвода, мм (по умолчанию c_{32} = О);

c_{33} — технологическая прибавка к толщине стенки, учитывающая ее утонение в средней части (±15% от нейтральной линии) отвода, мм (по умолчанию c_{33} = О);

D — внутренний диаметр сосуда или аппарата, мм;

$D_{с.п}$ — расчетный диаметр прокладки, мм;

D_E — эффективный диаметр конической обечайки при наружном давлении, мм;

D_F — эффективный диаметр конической обечайки при осевом сжатии и изгибе, мм;

$D_к$ — расчетный диаметр гладкой конической обечайки, мм;

$D_н$ — наружный диаметр торцов отвода (колена), мм;

$D_р$ — расчетный диаметр днища (крышки) и конической обечайки, мм;

D_1 — наружный диаметр сосуда или аппарата, а также внутренний диаметр меньшего основания конической обечайки, мм;

D_2 — наименьший диаметр наружной утоненной части плоской крышки, мм;

D_3 — диаметр болтовой окружности, мм;

d — диаметр отверстия в днище и крышке, мм;

$d_б$ — диаметр отверстия под болт (шпильку), мм;

$d_о$ — наружный диаметр центральной втулки оребренных плоских днищ и крышек, мм;

d_i (i = 1, 2, 3, ..., $И$) — диаметр отверстий в плоских днищах и крышках, мм;

E — модуль продольной упругости при расчетной температуре, МПа;

e — расстояние между центром тяжести поперечного сечения кольца жесткости и срединной поверхностью обечайки, мм;

$e_О$ — расстояние от центра тяжести поперечного сечения ребра жесткости до его основания, мм;

e_1 — расстояние от точки пересечения средней линии стенки сферического сегмента с кольцом до горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести поперечного сечения кольца, мм;

e_2 — расстояние от окружности расположения болтов до внутреннего диаметра кольца, мм;

e_3 — расстояние от окружности расположения болтов до линии действия реакции прокладки, мм;

e_4 — расстояние от срединной поверхности пластины крышки с ребрами до нейтральной поверхности оребренных плоских днищ и крышек, мм;

F — расчетное осевое растягивающее или сжимающее усилие (без учета нагрузки, возникающей от внутреннего избыточного или наружного давления), Н;

F_{xi}, F_{yi} — поперечные усилия в i-й точке оси отвода (i = О, 1, 2, 3, ..., $И$), Н;

F_{zi} — осевое усилие в i-й точке оси отвода (i = О, 1, 2, 3, ..., $И$), Н;

$[F]$ — допускаемое растягивающее или сжимающее усилие, Н;

$[F]_E$ — допускаемое осевое сжимающее усилие из условия устойчивости в пределах упругости, Н;

$[F]_п$ — допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности при φ, равном 1, Н;

$[F]_{E1}$ — допускаемое осевое сжимающее усилие, определяемое из условия местной устойчивости в пределах упругости, Н;

$[F]_{E2}$ — допускаемое осевое сжимающее усилие, определяемое из условия общей устойчивости в пределах упругости, Н;

H — высота выпуклой части днища по внутренней поверхности без учета цилиндрической части, мм;

H_1 — высота втулки оребренных плоских днищ и крышек, мм;

h — высота кольца, а также высота ребра жесткости плоского днища (крышки), мм;

h_1 — длина цилиндрической отбортовки выпуклых днищ, мм;

h_2 — высота сечения кольца жесткости, измеряемая от срединной поверхности обечайки, мм;

h_3 — расстояние от нижней поверхности оребренной плоской крышки (днища) до нижнего торца втулки, мм;

I — эффективный момент инерции расчетного поперечного сечения кольца жесткости, мм^4;

$I_к$ — момент инерции поперечного сечения кольца жесткости относительно оси, проходящей через центр тяжести поперечного сечения кольца (относительно оси X — X), мм^4;

K — коэффициент конструкции плоских днищ и крышек;

K_1, K_2, K_3, K_4, K_6, K_7 — безразмерные коэффициенты;

$K_о$ — коэффициент ослабления плоских днищ (крышек) с отверстием;

$K_р$ — поправочный коэффициент;
$K_э$ — коэффициент приведения радиуса кривизны эллиптического днища;
$K_с$ — коэффициент тонкостенности сферических неотбортованных днищ и крышек;
k — коэффициент жесткости обечайки, подкрепленной кольцами жесткости;
L — расчетная длина цилиндрической обечайки, укрепленной кольцами жесткости, мм;
l — расчетная длина гладкой обечайки, мм;
l_E — эффективная длина конической обечайки, мм;
l_e — эффективная длина стенки обечайки, учитываемая при определении эффективного момента инерции, мм;
$l_{пр}$ — приведенная расчетная длина, мм;
l_1 — расстояние между двумя кольцами жесткости по осям, проходящим через центр тяжести поперечного сечения колец жесткости, мм;
l_2 — расстояние между крайними кольцами жесткости и следующими эффективными элементами жесткости, мм;
l_3 — длина примыкающего элемента, учитываемая при определении расчетной длины l или L, мм;
M — расчетный изгибающий момент, Н·мм;
M_{xi}, M_{yi} — изгибающие моменты в i-й точке оси отвода (i = О, 1, 2, 3, ..., $И$), Н·мм;
M_{zi} — крутящий момент в i-й точке оси отвода (i = О, 1, 2, 3, ..., $И$), Н·мм;
$[M]$ — допускаемый изгибающий момент, Н·мм;
$[M]_E$ — допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости, Н·мм;
$[M]_п$ — допускаемый изгибающий момент из условия прочности при φ, равном 1, Н·мм;
$И$ — число радиальных ребер;
$И_у$ — коэффициент запаса устойчивости;
p — расчетное внутреннее избыточное или наружное давление, МПа;
p_F — эквивалентное давление при нагружении осевым усилием, МПа;
$p_М$ — эквивалентное давление при нагружении изгибающим моментом, МПа;
$[p]$ — допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление, МПа;
$[p]_E$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости, МПа;
$[p]_п$ — допускаемое наружное давление из условия прочности при φ, равном 1, МПа;
$[p]_1$ — допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление, определяемое из условия прочности или устойчивости всей обечайки (с кольцами жесткости), МПа;
$[p]_2$ — допускаемое наружное давление, определяемое из условия прочности или устойчивости обечайки между двумя соседними кольцами жесткости, МПа;
$[p]_1$, $[p]_2$ — допускаемые давления для сферических неотбортованных днищ (крышек) и для плоских днищ (крышек) с радиальными ребрами, МПа;
Q — расчетное поперечное усилие, Н;
$Q_О$ — дополнительное усилие, действующее на центральную часть оребренной плоской крышки (днища), Н;
$[Q]$ — допускаемое поперечное усилие, Н;
$[Q]_E$ — допускаемое поперечное усилие из условия устойчивости в пределах упругости, Н;
$[Q]_п$ — допускаемое поперечное усилие из условия прочности при φ, равном 1, Н;
q — коэффициент;
R — радиус кривизны в вершине выпуклого днища по внутренней поверхности, мм;
$R_с$ — радиус кривизны сферического сегмента по внутренней поверхности, мм;
$R_б$ — болтовая нагрузка, Н;
$R_г$ — радиус отвода (радиус изгиба), мм;
$R_п$ — реакция прокладки, Н;
r — внутренний радиус отбортовки конической обечайки (днища), а также радиус выточки плоских днищ, мм;
r_1 — наружный радиус отбортовки торосферического днища, мм;
$r_{г.ср}$ — средний радиус поперечного сечения отвода, мм;
s — исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки, мм;
$s_г$ — исполнительная толщина стенки отвода, мм;
$s_{г1}$ — толщина стенки с внешней стороны отвода, мм;
$s_{г2}$ — толщина стенки с внутренней стороны отвода, мм;
$s_{г3}$ — толщина стенки средней части (+/- 15% от нейтральной линии) отвода, мм (по умолчанию $s_{г3} = s_г$);
$s_к$ — исполнительная толщина стенки конической обечайки, мм;
$s_р$ — расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки, мм;
$s_{к.р}$ — расчетная толщина стенки конической обечайки, мм;
$s_{1р}$ — расчетная толщина стенки днищ и крышек, а также переходной зоны конической обечайки, мм;
$s_{2р}$ — расчетная толщина стенки переходной зоны цилиндрической обечайки, мм;
$s_т$ — исполнительная толщина стенки тороидального перехода конической обечайки, мм;
$s_{т.р}$ — расчетная толщина стенки тороидального пере-

$[p]_{1_E}$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости всей обечайки (с кольцами жесткости) в пределах упругости, МПа;

$[p]_{1п}$ — допускаемое наружное давление из условия прочности всей обечайки при φ, равном 1, МПа;

хода конической обечайки, мм;

$s_{1э}$; $s_{2э}$ — эффективные толщины стенок переходных частей обечаек, мм;

s_1 — исполнительная толщина стенки днищ и крышек, переходной зоны конической обечайки, а также

исполнительная толщина плоской крышки в месте паза для перегородки, мм;

s_2 — исполнительная толщина плоской крышки в зоне уплотнения, а также исполнительная толщина стенки переходной зоны цилиндрической обечайки, мм;

s_3 — толщина крышки вне уплотнения, мм;

s_4 — ширина паза под перегородку, мм;

s_5 — исполнительная толщина выступающей части обечайки, мм;

s' — исполнительная толщина стенки пологого конического днища, мм;

$s'_р$ — расчетная толщина стенки пологого конического днища, мм;

$s'_{1р}$; $s''_{1р}$ — расчетная толщина стенки сферического неотбортованного днища, мм;

T — расчетная температура, °С;

t — ширина поперечного сечения кольца жесткости в месте его приварки к обечайке, мм;

$t_в$ — толщина втулки оребренной плоской крышки (днища), мм;

t_j — несущая ширина кольцевого сварного шва, мм;

x — параметр в 6.3.2.3 ГОСТ 34233.2;

Y_1, Y_2, Y_3 — коэффициенты формы отвода;

α_i — половина угла раствора при вершине конической обечайки, град;

β, β_0, β_1, β_2, β_3, β_4, β_5, β_6, β_7, β_8, $\beta_а$, $\beta_н$, $\beta_т$ — коэффициенты формы конических обечаек;

β_m, — коэффициент интенсификации изгибных продольных напряжений в отводе;

γ_0 — угол изгиба отвода (угол между плоскостями торцов отвода), град;

γ_i (i = 1, 2, 3, ..., $И$) — угол между торцом и расчетным сечением отвода, град;

γ_m — коэффициент интенсификации изгибных поперечных напряжений в отводе;

λ — гибкость элемента;

λ_m — безразмерный геометрический параметр при расчете отводов;

$\lambda_п$ — безразмерный параметр в 5.4.1 ГОСТ 34233.2;

$(\sigma)_2$ — приведенное напряжение, определяемое по суммарным мембранным и общим изгибным напряжениям, МПа;

$(\sigma)_{RK}$ — приведенное напряжение, определяемое по суммарным мембранным и общим изгибным напряжениям, МПа;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]^М$, $[\sigma]^Р$ — допускаемые напряжения для плоской крышки, МПа;

$[\sigma]_К$ — допускаемое напряжение для кольца жесткости при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_1$, $[\sigma]_2$, $[\sigma]_5$,— допускаемые напряжения для частей сосуда (цилиндрических, конических, сферических) при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_р$ — допускаемое напряжение для ребра жесткости, МПа;

$[\sigma]_В$ — допускаемое напряжение для втулки, МПа;

$[\sigma]_М$ — допускаемое условно-упругое напряжение при расчетной температуре для оценки напряжений, определяемых по суммам составляющих общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений [см. ГОСТ 34233.1 (пункт 8.1О)], МПа;

$[\sigma]_R$ — допускаемое значение суммарных мембранных (общих или местных), изгибных (общих и местных) и общих температурных напряжений, МПа;

φ — коэффициенты прочности сварных швов;

$\varphi_К$ — коэффициент прочности сварных швов кольца жесткости;

$\varphi_р$ — коэффициент прочности продольного сварного шва;

$\varphi_Т$ — коэффициент прочности кольцевого сварного шва;

φ_1 — коэффициент снижения допускаемых напряжений при расчете на устойчивость из условия местной устойчивости при осевом сжатии;

φ_2 — коэффициент снижения допускаемых напряжений при расчете на устойчивость из условия общей устойчивости при осевом сжатии;

φ_3 — коэффициент снижения допускаемых напряжений при расчете на устойчивость из условия местной устойчивости при изгибе;

Φ — вспомогательный параметр;

χ, χ_1, χ_5, $\chi_К$— отношение допускаемых напряжений $\frac{[\sigma]}{[\sigma]_1}$; $\frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2}$; $\frac{[\sigma]_5}{[\sigma]_1}$; $\frac{[\sigma]_К}{[\sigma]_1}$. — соответственно;

Ψ — коэффициент;

ψ — угол между касательной к сферическому сегменту в краевой зоне и вертикальной осью, град;

ω — безразмерный параметр внутреннего давления при расчете отводов;

Ω — коэффициент.

Общие положения

Приведенный ниже расчет применим при выполнении требований ГОСТ 34233.1.

В основу расчетных формул, приведенных в настоящем стандарте, при оценке прочности положен метод предельных нагрузок. При расчете на устойчивость от внешнего давления, при вакууме, а также от других нагрузок, вызывающих сжимающее напряжение, в качестве предельного состояния принято достижение нижних критических напряжений.

При одновременном действии нескольких нагрузок (давления, осевого сжатия и т. п.) условие прочности (устойчивости) проверяют на основе линейного суммирования повреждений, за исключением случаев, когда имеются более точные решения.

Ниже приведены формулы для определения исполнительных размеров элементов сосудов и аппаратов при проектировочном расчете и определении допускаемых нагрузок при поверочном расчете.

13.k.1. Рас ет ¡илиндри еских обе аек

Расчетные схемы

Расчетные схемы цилиндрических обечаек приведены на рис. 13.4–13.7.

П р и м е ч а н и е. Рис. 13.3–13.6 не определяют конструкцию и приведены только для указания расчетных размеров.

Рис. 13.4. Гладкие цилиндрические обечайки: *а* — обечайка с фланцем или с плоским днищем; *б* — обечайка с жесткими перегородками

Рис. 13.5. Гладкие обечайки с выпуклыми или коническими днищами: *а* — обечайка с отбортованными днищами; *б* — обечайка с неотбортованными днищами

Рис 13.6. Гладкие обечайки с рубашкой

Рис. 13.7. Цилиндрическая обечайка, подкрепленная кольцами жесткости

ѓсловия применения расчетных формул

Расчетные формулы применимы при отношении толщины стенки к диаметру:

$\frac{s-c}{D} \le 0,1$ для обечаек и труб при $D \ge 2OO$ мм;

$\frac{s-c}{D} \le 0,3$ для труб при $D < 2OO$ мм.

Формулы, приведенные в 13.2.1.1.2; 13.2.1.1.4–13.2.1.1.7 и 13.2.1.2.2, следует применять при условии, что расчетные температуры не превышают значений, при которых учитывается ползучесть материалов, т. е. при таких температурах, когда допускаемое напряжение определяют только по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности). Если нет точных данных, то формулы допускается применять при условии, что расчетная температура стенки обечайки из углеродистой стали не превышает 38O°C, из низколегированной и легированной 42O°C, а из аустенитной 525 °C, для алюминия и его сплавов 15O°C, для меди и её сплавов 25O°C, для титана и его сплавов 3OO°C.

Для обечаек, подкрепленных кольцами жесткости, дополнительно к выше приведенным требованиям следует выполнять следующие ограничения:

- отношение высоты сечения кольца жесткости к диаметру $\frac{h_2}{D} \le 0,2$;
- расчетные формулы следует применять при условии равномерного расположения колец жесткости;
- в тех случаях, когда кольца жесткости установлены неравномерно, значения b и l_1 необходимо подставлять для того участка, на котором расстояние между двумя соседними кольцами жесткости максимальное;
- если $l_2 > l_1$, то в качестве расчетной длины принимают l_2.

Примечание. В случае отсутствия полной теплоизоляции колец жесткости теплоизолированных сосудов и других технически обоснованных случаях необходимо выполнить дополнительный расчет колец жесткости на совместное действие давления и напряжений от стесненности температурных деформаций с оценкой по ГОСТ 34233.1 (п. 8.1О). При этом суммарные мембранные и изгибные напряжения в ободе кольца не должны превышать величину $2[\sigma]_K$.

Расчетные формулы для обечаек, работающих под действием осевого сжимающего усилия, приведенные в разделах 5.3 и 5.4, применимы при следующем условии:

$$\frac{l}{D} \geq 1,0; \text{ или } \frac{b}{D} \geq 1,0.$$

Для обечаек, у которых $\frac{l}{D}$ или $\frac{b}{D} < 1,0$, при отсутствии более точных расчетов, допускается пользоваться формулами (13.15) и (13.17).

13.2.1.1. Гладкие цилиндрические обечайки

13.2.1.1.1. Обечайки, нагруженные внутренним избыточным давлением

Толщину стенки вычисляют по формуле

$$s \geq s_р + c, \qquad (13.1)$$

где расчетную толщину стенки вычисляют по формуле

$$s_р = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi_p - p}. \qquad (13.2)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p\left(s-c\right)}{D+\left(s-c\right)}. \qquad (12.3)$$

При изготовлении обечайки из листов разной толщины, соединенных продольными швами, расчет толщины обечайки проводят для каждого листа с учетом имеющихся в них ослаблений.

13.2.1.1.2. Обечайки, нагруженные наружным давлением

Толщина стенки

Толщину стенки предварительно вычисляют по формулам (13.4) и (13.5) с обязательной последующей

$$s_p = \max\left\{1,06\frac{10^{-2}D}{B}\left(\frac{p}{10^{-5}E}\frac{l}{D}\right)^{0,4};\ \frac{1,2pD}{2[\sigma]-p}\right\}. \qquad (13.5)$$

Коэффициент B вычисляют по формуле (13.6)

$$B = \max\left\{1;0,47\left(\frac{p}{10^{-5}E}\right)^{0,067}\left(\frac{l}{D}\right)^{0,4}\right\}. \qquad (13.6)$$

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_п}{\sqrt{1+\left(\frac{[p]_п}{[p]_E}\right)^2}}, \qquad (13.7)$$

где допускаемое давление из условия прочности вычисляют по формуле

$$[p]_п = \frac{2[\sigma]\varphi(s-c)}{D+(s-c)}, \qquad (13.8)$$

а допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости вычисляют по формуле

$$[p]_E = \frac{2,08\cdot 10^{-5}E}{И_у B_1}\frac{D}{l}\left(\frac{100(s-c)}{D}\right)^{2,5}, \qquad (13.9)$$

где

$$B_1 = \min\left(1,0;9,45\frac{D}{l}\sqrt{\frac{D}{100(s-c)}}\right). \qquad (13.1О)$$

При определении расчетной длины обечайки l или L длину примыкающего элемента l_3 следует вычислять по формулам

$l_3 = \frac{H}{3}$ — для выпуклых днищ;

$l_3 = \frac{D}{6\text{tg}\alpha}$ — для конических обечаек (днищ) без отбортовки, но не более длины конического элемента;

$l_3 = \max\left(r\sin\alpha\frac{D}{6\text{tg}\alpha}\right)$ — для конических обечаек (днищ) с отбортовкой, но не более длины конического элемента.

13.2.1.1.3. Обечайки, нагруженные осевым растягивающим усилием

Толщину стенки вычисляют по формуле

$$s \geq s_р + c, \qquad (13.11)$$

где расчетную толщину стенки вычисляют по формуле

про кой по ле (13.7)
вер форму

$s_р =$

$$s \geq s_р + c, \qquad (13.4)$$

где расчетную толщину стенки вычисляют по формуле

$$F \cdot \frac{}{vD^{\wedge}\ \partial h\ \varphi_т} \qquad (13.12)$$

Допускаемое осевое растягивающее усилие вычисляют по формуле

$$[F] = \pi(D + s - c)(s - c)[\sigma]\varphi_т. \qquad (13.13)$$

13.2.1.1.4. *Обечайки, нагруженные осевым сжимающим усилием*

Допускаемое осевое сжимающее усилие вычисляют по формуле

$$[F]_E = \frac{[F]_п}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_п}{[F]_E}\right)^2}}, \qquad (13.14)$$

где допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности вычисляют по формуле

$$[F]_п = \pi(D + s - c)(s - c)[\sigma], \qquad (13.15)$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие в пределах упругости из условия устойчивости вычисляют по формуле

$$[F]_{E1} = \frac{31,0 \cdot 10^{-5} E}{\nu} \cdot \frac{(s - c)^2}{D} \cdot \left(\frac{100(s - c)}{D}\right)^{2,5} \qquad (13.16)$$

Примечание. В случае, если $\frac{D}{l} \le 10$, формула (13.16) принимает вид $[F]_E = [F]_{E1}$.

В формуле (13.16) допускаемое осевое сжимающее усилие вычисляют из условия местной устойчивости в пределах упругости по формуле

$$[F]_E = \min\{[F]_{E1}; [F]_{E2}\}, \qquad (13.17)$$

а допускаемое осевое сжимающее усилие вычисляют из условия общей устойчивости в пределах упругости по формуле

$$[F]_{E2} = \frac{\sigma_{кр} \cdot (D + s - c)(s - c)}{n_у \cdot \lambda^2}. \qquad (13.18)$$

Гибкость Z вычисляют по формуле

$$\lambda = \frac{2,83 l_{пр}}{D + s - c}. \qquad (13.19)$$

Приведенную расчетную длину $l_{пр}$ принимают по табл. 13.1. Для схем, не приведенных в табл. 13.1, $l_{пр}$ определяют с помощью специальных методов расчета.

Для рабочих условий ($n_у$ = 2,4) допускаемое сжимающее усилие можно вычислять по формуле

$$[F] = \pi(D + s - c)(s - c)[\sigma]\min\{\varphi_1; \varphi_2\}. \qquad (13.20)$$

Коэффициенты φ_1 и φ_2 следует определять по графикам, приведенным на рис. 13.8 и 13.9.

Таблица 13.1

Приведенная расчетная длина $l_{пр}$

Расчетная схема	$\frac{f}{l}$	$l_{пр}$
	–	l
	–	$2l$
	–	$0,7l$
	–	$0,5l$

	0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	2,00*l* 1,73*l* 1,47*l* 1,23*l* 1,06*l* 1,00*l*
	0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	2,00*l* 1,70*l* 1,40*l* 1,11*l* 0,85*l* 0,70*l*

Рис.13.8. График для определения коэффициента φ_1

Рис. 13.9. График для определения коэффициента φ_2

13.2.1.1.5. Обечайки, нагруженные изгибающим моментом

Допускаемый изгибающий момент вычисляют по формуле

$$[M] = \frac{[M]_п}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_п}{[M]_E}\right)^2}}, \qquad (13.21)$$

где допускаемый изгибающий момент из условия прочности вычисляют по формуле

$$[M]_п = \frac{\sigma}{4} D^2 (D + s - c)^2 (s - c)[\sigma] = \frac{D}{4}[F]_п, \qquad (13.22)$$

а допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости вычисляют по формуле

$$[M]_E = \frac{8{,}9 \cdot 10^{-5} E}{И_у} D^3 \cdot \frac{(s - c)^{2,5}}{D} = \frac{D}{3{,}5}[F]_{E1}. \qquad (13.23)$$

Для рабочих условий ($И_у = 2{,}4$) допускаемый изги- бающий момент можно вычислять по формуле

$$[M] = \frac{\sigma}{4} D^2 (D + s - c)^2 (s - c)[\sigma]\varphi_3. \qquad (13.24)$$

Коэффициент φ_3 следует определять по графику, приведенному на рис. 13.1О.

Рис. 13.1О. График для определения коэффициента φ_3

13.2.1.1.6. Обечайки, нагруженные поперечными усилиями

Допускаемое поперечное усилие вычисляют по формуле

$$[Q] = \frac{[Q]_п}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_п}{[Q]_E}\right)^2}}, \qquad (13.25)$$

где допускаемое поперечное усилие из условия прочности вычисляют по формуле

$$[Q]_п = 0{,}25[\sigma]\pi D(s - c), \qquad (13.26)$$

а допускаемое поперечное усилие из условия устойчивости в пределах упругости вычисляют по формуле

$$[Q]_E = \frac{2{,}4E(s-c)^2}{\nu}\left(0{,}18 + 3{,}3\frac{D(s-c)}{l^2}\right). \qquad (13.27)$$

13.2.1.1.7. Обечайки, работающие под совместным действием наружного давления, осевого сжимающего усилия, изгибающего момента и поперечного усилия

Обечайки, работающие под совместным действием нагрузки, проверяют на устойчивость по формуле

$$\left(\frac{p}{[p]} + \frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} + c\frac{Q}{[Q]}\right)^m \le 1{,}0, \qquad (13.28)$$

где $[p]$ — допускаемое наружное давление по формуле (13.7); $[F]$ — допускаемое осевое сжимающее усилие по формуле (13.14); $[M]$ — допускаемый изгибающий момент по формуле (13.21); $[Q]$ — допускаемое поперечное усилие по формуле (13.25).

13.k.1.k. Цилиндрические обечайки, подкрепленные кольцами жесткости

13.2.1.2.1 Обечайки с кольцами жесткости, нагруженные внутренним избыточным давлением

Определение размеров колец жесткости при внутреннем давлении

Для заданных расчетного давления p и толщины стенки s коэффициент K_4 следует вычислять по формуле

$$K_4 = \frac{p(D+s-c)}{[\sigma]\varphi(s-c)} - 1. \qquad (13.29)$$

Если $K_4 \le 0$, то укрепление кольцами жесткости не требуется. В диапазоне $0 < K_4 < 2\frac{\varphi_т}{\varphi_р} - 1$ расстояние между двумя кольцами жесткости вычисляют по формуле

$$\sqrt{D(s-c)\left(\frac{2}{K_4} - \frac{\varphi_р}{\varphi_т}\left(1 + \frac{1}{K_4}\right)\right)}$$

$$0 < K_4 < 2\frac{\varphi_т}{\varphi_р} - 1.$$

Примечание — При определении площади поперечного сечения кольца жесткости $A_к$ следует учитывать прибавку c_1 для компенсации коррозии.

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляют из условия

$$[p] = \min\{[p]_1; [p]_2\}. \qquad (13.32)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление, определяемое из условий прочности всей обечайки, вычисляют по формуле

$$[p]_1 = \frac{2[\sigma]\varphi_р(s-c) + 2\frac{A_к}{l_1}[\sigma]_к\varphi_к}{D + (s-c)}. \qquad (13.33)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление, определяемое из условий прочности обечайки между двумя соседними кольцами жесткости, вычисляют по формуле

$$[p]_2 = \frac{2[\sigma]\varphi_т(s-c)\left(2 + \lambda_п^2\right)}{D + (s-c)\left(1 + \frac{\varphi_т}{\varphi_р}\lambda_п^2\right)}, \qquad (13.34)$$

где $\lambda_п^2 = \frac{b^2}{D(s-c)}$.

13.2.1.2.2. Обечайки с кольцами жесткости, нагруженные наружным давлением

Расчетные параметры подкрепленной обечайки

Эффективную длину стенки обечайки, учитываемую при определении эффективного момента инерции, определяют из условия

$$l_e = \min\left(l_1; t + 1{,}1\sqrt{D(s-c)}\right). \qquad (13.35)$$

Эффективный момент инерции расчетного поперечного сечения кольца жесткости вычисляют по формуле

$$I = I_к + \frac{I_1(s-c)^3}{10{,}9} + e^2\frac{A_к l_e(s-c)}{A_к + l_e(s-c)}, \qquad (13.36)$$

формуле

коэффициент жесткости обечайки, подкрепленной

b # , (13.3О)

площадь поперечного сечения кольца жесткости вычисляют по формуле

^ h 6д@φ / р

$A_к$ $ l_1 $s - c$ 6д@$_к$φ$_к$ K_4. (13.31)

Если K_4 $ $2\frac{\varphi_т}{\varphi_р} - 1$, то толщину стенки необходимо увеличивать до такого размера, чтобы выполнялось следующее условие:

кольцами жесткости, вычисляют по формуле

$$k = \sqrt{\frac{10,9I}{l_1 \wedge s - c\text{h}^3}}. \qquad (13.37)$$

П р и м е ч а н и е . При определении момента инерции кольца жесткости следует учитывать прибавку c_1 для компенсации коррозии.

Допускаемое наружное давление определяют из условия

$$[p] = \text{miИ}\{[p]_1; [p]_2\}. \qquad (13.38)$$

Допускаемое наружное давление, определяемое исходя из условий устойчивости всей обечайки, вычисляют по формуле

$$[p]_1 = \frac{[p]_{1п}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_{1п}}{[p]_{1E}}\right)^2}}. \qquad (13.39)$$

Допускаемое наружное давление $[p]_{1п}$ должно соответствовать величине $[p]_1$, определенной по формуле (13.33) при значениях коэффициентов $\varphi_р = 1{,}0$ и $\varphi_к = 1{,}0$.

Допускаемое наружное давление $[p]_{1E}$ из условий устойчивости в пределах упругости следует рассчитывать по формуле

$$[p]_{1E} = \frac{2{,}08 \cdot 10^{-5} E}{k B_2 И_у} \cdot \frac{D}{L} \cdot \left(\frac{100k(s - c)}{D}\right)^{2,5}, \qquad (13.40)$$

где

$$B_2 = \min\left(1{,}0;\ 9{,}45 \frac{D}{L}\sqrt{\frac{D}{100k(s - c)}}\right). \qquad (13.41)$$

Допускаемое наружное давление $[p]_2$, определяемое исходя из условий устойчивости обечайки между кольцами жесткости при значении длины $l = \max(b;\ l_2 - \frac{l}{2})$, должно соответствовать давлению $[p]$ (см. 13.2.1.1.2).

Вместо $[p]_п$, определенного по формуле (13.7), допускается принимать $[p]_2$ по формуле (13.34) при значении коэффициента $\varphi_т = 1{,}0$.

13.2.1.2.3. Обечайки с кольцами жесткости, нагруженные осевым растягивающим или сжимающим усилием, изгибающим моментом или поперечным усилием

Допускаемые нагрузки следует рассчитывать по расчетным формулам (13.13), (13.14), (13.21), (13.25) при $l = E$. При определении приведенной расчетной длины $l_{пр}$ по табл. 13.1 вместо l следует принимать общую длину L.

13.2.1.2.4. Обечайки с кольцами жесткости, нагруженные совместно действующими нагрузками

Расчет следует проводить аналогично расчету по 13.2.1.1.7, при этом допускаемое наружное давление следует определять по (13.38).

ботающих в условиях однократных и многократных статических нагрузок под внутренним или наружным давлением, с учетом отклонений от правильной геометрической формы (общая и локальная некруглости, угловатость, смещение кромок сварных соединений), регламентированы ГОСТ Р 52857.11.

Обозначения

a — параметр, характеризующий некруглость, %;
B — параметр для случая локальной некруглости;
c — сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки, мм;
D — внутренний диаметр идеальной обечайки, мм;
$D_к$ — расчетный диаметр гладкой конической обечайки, мм;
$D_{рк}$ — внутренний диаметр конической обечайки в месте расположения кольцевого сварного шва со смещением, мм;
$D_{рп}$ — наибольший внутренний диаметр в месте смещения кромок продольного сварного шва, мм;
D_{max} — наибольший наружный диаметр обечайки, мм;
D_{min} — наименьший наружный диаметр обечайки, мм;
E — модуль продольной упругости при расчетной температуре, МПа;
f — геометрический параметр обечайки;
$K_1, K_2, K_у$ — безразмерные коэффициенты;
$K_э$ — эффективный коэффициент концентрации напряжений для сварных швов;
l — расчетная длина гладкой обечайки, мм (см);
m — параметр для случая локальной некруглости;
$[И]$ — допускаемое число циклов нагружения;
$И$ — параметр зоны некруглости;
$И_у$ — коэффициент запаса устойчивости;
p — расчетное внутреннее избыточное или наружное давление, МПа;
$[p]$ — допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление, МПа;
$[p]_E^o$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости для обечайки с отклонениями формы, МПа;

13.3. МЕТОД РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ОБЕЧАЕК И ДНИЩ С УЧЕТОМ СМЕЩЕНИЯ КРОМОК СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, УГЛОВАТОСТИ И НЕКРУГЛОСТИ ОБЕЧАЕК

Нормы и методы расчета на прочность обечаек, выпуклых днищ и крышек сосудов и аппаратов, ра-

$[p]_E$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости для оболочки круговой формы, МПа;

p_T — предельное давление текучести, МПа;

$p_{кр}$ — критическое давление длинной обечайки, МПа; $[p]_п$ — допускаемое наружное давление из условия прочности при φ, равном 1, МПа;

$R_р$ — радиус кривизны выпуклого днища в зоне вмятины, мм;

$R_{m/t}$ — минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при расчетной температуре, МПа;

$R_{pO,2/t}$ — предел текучести материала при расчетной температуре, МПа;

$r_в$ — радиус вмятины в плане, мм;

s — исполнительная толщина стенки обечайки, мм;

$s_к$ — исполнительная толщина стенки конической обечайки, мм;

α — половина угла раствора при вершине конической обечайки, град;

α_σ — коэффициент концентрации напряжений;

δ — значение отклонения от идеальной круговой формы или значение смещения и увода кромок, мм;

δ' — условное значение отклонения для локальной некруглости, мм;

λ_O, λ_{Oy}, λ_1, λ_{1y},— безразмерные коэффициенты;

σ_H — номинальное напряжение, МПа;

σ_A — амплитуда напряжений, МПа;

σ_{max} — максимальное напряжение в зоне несоответствий, МПа;

$[\sigma_A]$ — допускаемая амплитуда напряжений, МПа;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение для материала обечайки при расчетной температуре, МПа;

φ — коэффициент прочности сварных швов, определяемый по ГОСТ 34233.1;

ψ — половина центрального угла зоны некруглости, рад.

Общие положения

Приведенный в настоящем стандарте расчет применим, если предварительно определены в соответствии с ГОСТ 34233.2 и ГОСТ 34233.6 толщины стенок элементов и допускаемые давления для элементов сосудов и аппаратов, удовлетворяющих техническим требованиям к качеству изготовления и контроля по ГОСТ 34347 и другим нормативным документам.

Расчетные значения допускаемых напряжений и механических характеристик материала принимаются по ГОСТ 34233.1.

Формулы применимы для сосудов, изготовленных из материалов, пластичных в условиях эксплуатации.

Методы расчета не применимы при сочетании отдельных дефектов в расчетных элементах. В отдельных случаях методы расчета могут быть применены при наличии нескольких дефектов в расчетном элементе сосуда, если расстояние между ними превышает $1,5\sqrt{Ds}$.

Приведенные методы расчета допустимы, если неточности изготовления (за исключением смещения стенок кольцевых сварных швов) находятся от штуцеров, фланцевых соединений, колец жесткости и т. п. на расстоянии не менее $1,5\sqrt{Ds}$.

Максимальные напряжения в местах нарушения правильной формы обечаек и днищ определяются в предположении неограниченной упругости материала согласно раздела ГОСТ 34233.1 (п. 8.1О).

Допускается проводить оценку прочности сосудов и аппаратов с учетом отклонений от идеальной формы с помощью специальных исследований, например, экспериментальным методом или численными методами, например, конечных элементов.

Смещение кромок сварных швов (рис. 13.10 и 13.11)

а *б*

Рис. 13.1О. Смещение кромок:
а — продольный сварной шов;
б — кольцевые сварные швы

а

б

Рис. 13.11. Увод кромок кольцевого шва:
а — наружный увод кромок;
б — внутренний увод кромок

Смещение кромок продольного сварного шва цилиндрической или конической обечайки

Проверка прочности при нагружении внутренним избыточным давлением

Максимальное напряжение для цилиндрической обечайки вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD}{2(s-c)h}\left(1+3\frac{\delta}{s-c}\right). \qquad (13.42)$$

Условие прочности

$$\sigma_{max} \le 1{,}5\varphi[\sigma],$$

где [σ] — допускаемое напряжение, определяемое по таблицам раздела 12.14; φ — коэффициент прочности сварного шва, определяемый по таблицам раздела 12.14.

Максимальное напряжение для конической обечайки вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD_p}{2(s-c)h\cos\alpha}\left(1+3\frac{\delta}{s-c}\right). \qquad (13.43)$$

D_p наибольший внутренний диаметр конической обечайки в месте смещения кромок сварного шва.

Условие прочности

$$\sigma_{max} \le 1{,}5\varphi[\sigma],$$

где [σ] — допускаемое напряжение, определяемое по таблицам раздела 12.14; φ — коэффициент прочности сварного шва, определяемый по таблицам раздела 12.14.

Проверка устойчивости при нагружении внешним давлением

Допускаемое внешнее давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1+\left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}. \qquad (13.43, а)$$

Допускаемое давление из условий устойчивости $[p]_E$ определяют по формуле 13.9.

Общая некруглость цилиндрических обечаек (овальность) (рис. 13.12)

Рис. 13.12. Общая некруглость

Проверка прочности при нагружении внутренним избыточным давлением

Максимальное напряжение вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD}{2(s-c)h}\left(1+\frac{3a\frac{D}{s-c}}{1+0{,}455\frac{p}{E}\left(\frac{D}{s-c}\right)^3}\right). \qquad (13.45)$$

Предварительно проверяется условие прочности без учета овальности по ГОСТ 34233.2. Затем проверяется условие прочности с учетом овальности обечайки по формуле

$$\sigma_{max} \le 3[\sigma].$$

Расчет обечаек, нагруженных наружным давлением

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1+\left(\frac{[p]_p}{[p]_E^0}\right)^2}}. \qquad (13.46)$$

Допускаемое давление $[p]_E^0$ из условия устойчивости овальной обечайки в пределах упругости вычисляют по формуле

– при $a \le 0{,}5\%$ $[p]_E^0 = [p]_E$,

– при $0{,}5\% \le a \le 2\%$ $[p]_E = \dfrac{[p]_E}{1+1{,}5af\dfrac{[p]_E}{p_т}}$; (13.47)

$$p_т = \frac{2R_{p0,2/t}(s-c)h}{D+(s-c)h}; \qquad (13.48)$$

Под общей некруглостью (овальностью) понимается общее отклонение от круговой формы по всему периметру поперечного сечения цилиндрической обечайки.

Некруглость вычисляют по формуле

$$a = \frac{2^{\wedge}D_{max} - D_{miИ}\text{h}}{D_{max} + D_{miИ}} 100\% . \qquad (13.44)$$

– при $0,02\frac{D}{l}\sqrt{\frac{D}{s-c}}$ # 1 $f = 1 - 0,02\frac{D}{l}\sqrt{\frac{D}{s-c}}$; (13.49)

- при $0,02\frac{D}{l}\sqrt{\frac{D}{s-c}}$ 2 1 $f = 0$.

Допускаемое давление $[p]_p$ из условия прочности вычисляют по формуле

$$\sigma_{p@} = \frac{2\sigma@^{s-c}}{D+^{s-c}} \quad (13.50)$$

где $Z_{0y} = 1$ при $a \le 0{,}5$ %,

$$Z_{0y} = \frac{\frac{DK_y}{400^{s-c}} + \sqrt{\left(\frac{DK_y}{400^{s-c}}\right)^2 + 1}}{\frac{aDK_y}{200^{s-c}} + \sqrt{\left(\frac{aDK_y}{200^{s-c}}\right)^2 + 1}} \quad (13.51)$$

при $0{,}5\ \% < a \le 2$ %.

Коэффициент K_y рассчитывают по соотношениям:

– при $\frac{l}{D} > \sqrt{\frac{D}{2^{s-c}}}$ $K_y = \frac{1}{1 - \frac{p}{p_{кр}}}$,

– при $\frac{l}{D} \# \sqrt{\frac{D}{2^{s-c}}}$ $K_y = 1$; $\frac{2^{s-c}}{E^3}$ (13.52)

где $p_{кр} = 0{,}275$ D E . (13.53)

Амплитуду напряжений в условиях циклического нагружения наружным давлением вычисляют по формуле

$$\sigma_a = \frac{pD}{4^{s-c}} < 1 + \frac{3aDK_y}{200^{s-c}} F. \quad (13.54)$$

Условие прочности при циклической нагрузке:

$$\sigma_a \le [\sigma_a].$$

Локальная некруглость (увод сварных соединений, вмятины) (рис. 13.13)

Под локальной некруглостью понимаются отклонения оболочки от правильной формы распределенной на части окружности, обусловленные уводом кромок сварного шва или вмятиной.

Проверка прочности при нагружении внутренним избыточным давлением

Максимальное напряжение вычисляют по формулам:

– при вытянутой вдоль оси обечайки вмятине или при уводе сварного шва (угловатость):

$$\sigma_н = \frac{pD}{2^{s-c}}; \quad (13.57)$$

– для выпуклого днища:

$$\sigma_н = \frac{pR_р}{2^{s-c}}, \quad (13.58)$$

где $R_р$ — радиус кривизны выпуклого днища в зоне вмятины.

а *б*

Рис. 13.13. Локальная некруглость: *а* — вмятина; *б* — наружный увод кромок

Коэффициент концентрации вычисляют по формуле

$$\alpha_\sigma = 1 + B\left(\frac{\delta_l}{s}\right)^m, \quad (13.59)$$

где для цилиндрической обечайки:

$$B = -0{,}234\frac{r_в^2}{Ds} + \frac{r_в}{\sqrt{Ds}} + 1{,}05,$$

$$m = 0{,}222\frac{r_в}{\sqrt{Ds}} + 0{,}358,$$

$$\delta_l = \delta^{1 - \sigma_н/R_{m/t}};$$

– для выпуклого днища:

$$B = -0{,}216\frac{r_в^2}{R_р s} + 0{,}84\frac{r_в}{\sqrt{R_р s}} + 1{,}36,$$

$$m = 0{,}315\frac{r_в}{\sqrt{R_р s}} + 0{,}232,$$

$$\delta_l = \delta^{1 - \sigma_н/R_{m/t}}.$$

Проверка прочности

$$\sigma_{max} = \frac{pD}{2(s - c)}\left(1 + \frac{66}{1 + \frac{1,365\,p}{\mu^2 - 1}\,\frac{D}{(s - c)}}\right), \quad (13.55)$$

где $\mu = \frac{v}{2\uparrow}$ — параметр, характеризующий зону отклонения (рис. 13.13);

– при круговой в плане вмятине:

$$\sigma_{max} = a_\sigma \sigma_н. \quad (13.56)$$

Номинальное напряжение вычисляют по формулам:

– для цилиндрической обечайки:

Предварительно проверяют условие прочности без учета отклонений от идеальной геометрической формы обечаек по ГОСТ 34233.2. Затем проверяют условие прочности с учетом местных напряжений по формуле

$$\sigma_{max} \le 3\varphi[\sigma]. \quad (13.6О)$$

Расчет обечаек, нагруженных наружным давлением

Допускаемое давление вычисляют по формулам

(13.46–13.5О). Параметр a, входящий в формулу (13.47), вычисляют по формулам:

$$a = \frac{46}{D}100\% \text{ — в случае вмятины;} \qquad (13.61)$$

a = О — в случае наружного увода кромок (наружной вмятины) [рис. 13.13a].

Давление $[p]_р$ вычисляют по формуле

$$[p]_р = \frac{2[\sigma]s - ch}{D + s - ch} Z_{1y}, \qquad (13.62)$$

где Z_{1y} вычисляют по формулам:

– при толщине листов $s \le 2$О мм

$$\text{при } \frac{s}{D} \le 0,1 \quad Z_{1y} = 1;$$

$$\text{при } \frac{s}{D} > 0,1 \quad Z_{1y} = \frac{1,105}{\frac{s}{D}K_y + \sqrt{\left(\frac{s}{D}K_y\right)^2 + 1}};$$

– при толщине листов от 2О до 5О мм

$$\text{при } \frac{s}{D} \le 0,15 \quad Z_{1y} = 1;$$

$$\text{при } \frac{s}{D} > 0,15 \quad Z_{1y} = \frac{1,160}{\frac{s}{D}K_y + \sqrt{\left(\frac{s}{D}K_y\right)^2 + 1}}.$$

Если увод кромок (вмятины) направлен наружу, то при вычислении $[p]_р$ K_y принимают равным единице.

При циклической нагрузке условия прочности проверяют по формуле

$$\sigma_a = 0,5K_э\sigma_{max} \le [\sigma_a].$$

Эффективный коэффициент концентрации напряжений $K_э$ определяют по табл. 13.2.

Таблица 13.2

Характеристика сварного шва	Схема сварного шва	Эффективный коэффициент концентрации напряжений	
		Углеродистая сталь	Низколегированная и аустенитная сталь
Стыковой сварной шов с плавным переходом и полным проваром		1,О	1,О
Стыковой сварной шов с подкладным листом по всей длине шва		1,2	1,4
Стыковой сварной шов (односторонний) с неполным проваром		1,5	1,8
Стыковой шов со смещением кромок		1,3	1,5

При совместном действии наружного давления, осевой сжимающей силы, изгибающего момента и перерезывающей силы должна быть проведена проверка на устойчивость по ГОСТ 34233.2 (п. 5.3.7). При этом следует использовать меньшее из значений допускаемого наружного давления, определённого по ГОСТ 34233.2 и формуле (13.43, а).

ГЛАВА 14

ДНИuА И КРЫШКИ МРИВАРНЫЕ

14.1. КОНСТРУК¡ИИ

Днища, так же как и обечайки, являются одним из основных элементов технологических аппаратов. Цилиндрические цельносварные корпусы как горизонтальных, так и вертикальных аппаратов с обеих сторон ограничиваются днищами.

Форма днищ, применяемая в отечественном аппаратостроении, бывает эллиптическая, полусферическая, в виде сферического сегмента, коническая и плоская (рис. 14.1). Конические и плоские днища бывают с отбортовкой на цилиндр и без отбортовки, а эллиптические — только с отбортовкой.

В ряде стран, в том числе бывших странах СЭВ, применяются торосферические днища.

Наиболее распространенной формой днищ в сварных технологических аппаратах, особенно подведомственных Ростехнадзору, является эллиптическая форма с отбортовкой на цилиндр.

Полусферические днища целесообразно применять в крупногабаритных аппаратах, подведомственных Ростехнадзору, имеющих $D \geq 4$ м.

Согласно МН 47О4—63, стальные полусферические днища изготавливаются D = (3,6—12) м с толщиной стенок 1О—36 мм.

Сферические неотбортованные днища допускается применять в аппаратах 5-й группы, за исключением работающих под вакуумом.

Сферические неотбортованные днища в аппаратах 1, 2, 3, 4-й групп и работающих под вакуумом допускается применять только в качестве элемента фланцевых крышек.

Конические днища применяются в основном в вертикальных аппаратах снизу, в которых требуется полное удаление жидкого, сыпучего или кускового продукта. Выбор угла в вершине конуса определяется технологическими соображениями: для жидких веществ — их вязкостью, а для сыпучих и кусковых веществ — их углом естественного откоса.

В горизонтальных аппаратах, работающих под наливом или под избыточным давлением до О,О7 МПа, могут применяться неотбортованные конические днища с углом при вершине конуса $2\alpha \leq 14О°$, а в вертикальных аппаратах, не подведомственных Ростехнадзору РФ, — $2\alpha \leq 6О°$.

Конические неотбортованные днища или переходы допускается применять:

а) дл аппаратов 1, 2, 3, 4-й групп, если центральный угол при вершине конуса не более 45°;

б) для аппаратов, работающих под наружным давлением или вакуумом, если центральный угол при вершине конуса не более 6О°.

Части выпуклых днищ в сочетании с коническими днищами или переходами применяются без ограничения угла при вершине конуса.

Отбортованные конические днища с углом в вершине конуса $2\alpha > 6О°$ применяются большей частью в аппаратах, работающих под избыточным давлением до О,О7 МПа и под наливом. Применение таких днищ в аппаратах, подведомственных Ростехнадзору, должно быть согласовано с головным институтом отрасли.

Наряду с коническими днищами в аппаратах часто применяются переходы, соединяющие цилиндрические обечайки разных диаметров, типовые конструкции которых показаны на рис. 14.2.

Рис.14.1. Конструкции днищ для стальных сварных аппаратов: *а* — эллиптическое отбортованное; *б* — полусферическое отбортованное; *в* — коническое отбортованное; *г* — плоское отбортованное; *д* — коническое неотбортованное; *е* — коническое неотбортованное с плоским диском; *ж* — сферическое неотбортованное; *з* — плоское неотбортованное; *и* — торосферическое

Рис. 14.2. Конструкция переходов для стальных сварных аппаратов; *а* — конические без отбортовки; *б* — конический с отбортовками с обеих сторон; *в* — обратновогнутый

В табл.14.1—14.1О приведены основные размеры стандартных стальных днищ.

Днища с наружными базовыми диаметрами применяются для корпусов из труб, а с внутренними базовыми диаметрами — для корпусов, свальцованных из листов.

Одним из ответственных узлов в аппаратах является соединение днищ с корпусом. Соединение полушаровых, отбортованных эллиптических, конических и плоских днищ с цилиндрическими обечайками производится только встык. Типовые конструкции соединений конических частей с цилиндрическими показаны на рис. 14.3.

Рис. 14.3. Конструкции соединений конических и цилиндрических частей в стальных аппаратах: *а* — с отбортованной вставкой; *б* — без отбортовки; *в* — с укрепляющим кольцом; *г* — с отбортованной двухконусной вставкой; *д* — без отбортовки двух конусных частей; *е* — без отбортовки и укрепляющего кольца

Таблица 14.1

Размеры 5ллиптических отбортованных стальных днищ с наружными базовыми диаметрами при $h_ц$ =25 мм (рис. 14.1 *а*), ГОСТ 6533

$s_д$, мм	$F_д$, м^2, $V_д$, л	$D_н$, мм									
		159	219	273	325	377	426	48О	53О	63О	72О
		$H_{дн}$, мм									
		4О	55	68	81	94	1О6	12О	132	157	18О
4	$F_д$ $V_д$	0,04 О,87	0,06 2,О5	0,1О 3,73	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
6	$F_д$ $V_д$	0,03 0,80	0,06 1,93	0,09 3,54	О,13 5,77	— —	— —	— —	— —	— —	— —
8	$F_д$ $V_д$	0,03 О,74	0,06 1,81	0,09 3,37	О,13 5,52	О,17 8,42	— —	— —	— —	— —	— —
1О	$F_д$ $V_д$	0,03 О,68	0,06 1,7О	0,09 3,2О	О,12 5,28	О,16 8,1О	О,21 11,53	О,26 16,3О	О,32 21,71	О,45 36,00	О,58 53,О4
12	$F_д$ $V_д$	0,03 О,62	0,05 1,59	0,08 3,О3	О,12 5,О5	О,16 7,79	О,2О 11,13	О,26 15,8О	О,31 21,11	О,44 35,О6	О,57 51,93
14	$F_д$ $V_д$	0,03 О,57	0,05 1,49	0,08 2,88	О,12 4,82	О,16 7,5О	О,2О 1О,73	О,25 15,3О	О,31 2О,51	О,43 34,22	О,6О* 56,47*
16	$F_д$ $V_д$	0,03 О,52	0,05 1,39	0,08 2,72	О,11 4,6О	О,15 7,19	О,19 1О,37	О,25 14,82	О,3О 2О,00	О,43 33,39	О,59* 55,33*
18	$F_д$ $V_д$	— —	0,05 1,3О	0,08 2,57	О,11 4,39	О,15 6,9О	О,19 10,00	— —	— —	О,45* 33,73*	О,58* 54,2О*
2О	$F_д$ $V_д$	— —	0,05 1,21	0,07 2,43	О,11 4,19	О,14 6,62	О,19 9,64	— —	О,31* 21,О2*	О,44* 35,88*	О,58* 53,О8*
22	$F_д$ $V_д$	— —	— —	— —	О,1О 3,99	О,14 6,35	О,18 9,29	— —	— —	О,43* 35,О4*	О,57* 51,98*
25	$F_д$ $V_д$	— —	— —	— —	О,1О 3,7О	О,13 5,96	О,19* 1О,44*	— —	О,3О* 2О,41*	О,43* 33,8О*	О,56* 5О,36*

* При $h_ц$ = 4О мм

Таблица 14.2

Размеры 5эллиптических отбортованных днищ с внутренними базовыми диаметрами (рис. 14.1 а), ГОСТ 6533

D, мм	$s_д$	$H_д$	$h_ц$	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
	мм				
400	4—25 28—30	100	25 40	0,20 0,22	0,0115 0,0134
(450)	4—20	112	25	0,25	0,0158
500	4—20 22—36	125	25 40	0,31 0,33	0,0212 0,0241
(550)	4—18 20	137	25 40	0,37 0,40	0,0276 0,0312
600	4—16 18—40	150	25 40	0,44 0,47	0,0352 0,0395
(650)	4—14 16—20	162	25 40	0,51 0,54	0,0441 0,0491
700	4—14 16—36 40	175	25 40 60	0,59 0,62 0,66	0,0543 0,0601 0,0678
800	4—12 14—32 34—50	200	25 40 60	0,76 0.79 0,84	0,0793 0,0868 0,0969
900	5—10 12—28 30—32	225	25 40 60	0,95 0,99 1,05	0,1109 0,1204 0,1331
1000	5—10 12—25 28—55 60—80	250	25 40 60 80	1,21 1,21 1,27 1,34	0,1617 0,1617 0,1774 0,1931
(1100)	6—8 10—22 25—32	275	25 40 60	1,40 1,45 1,52	0,1972 0,2114 0,2304
1200	6—8 10—20 22—45 50—80	300	25 40 60 80	1,65 1,71 1,79 1,86	0,2534 0,2704 0,2930 0,3156
	6—8		25	1,93	0,3195

1300	10—20 22—32	325	40 60	2,00 2,08	0,3394 0,3659

Продолжение табл. 14.2

D, мм	$s_д$	$H_д$	$h_ц$	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
	мм				
1400	6 8—18 20—40 45—70 80—100	350	25 40 60 80 100	2,23 2,30 2,39 2,48 2,56	0,3960 0,4191 0,4499 0,4807 0,5114
(1500)	6 8—16 18—38 40—60	375	25 40 60 80	2,56 2,63 2,72 2,82	0,4840 0,5104 0,5458 0,5814
1600	6 8—16 18—36 38—60 65—100	400	25 40 60 80 100	2,90 2,98 3,08 3,18 3,28	0,5840 0,6141 0,6543 0,6945 0,7347
(1700)	6—14 16—32 36—50	425	40 60 80	3,35 3,45 3,56	0,7310 0,7763 0,8217
1800	6—14 16—32 34—55 60—90 100	450	40 60 80 100 120	3,74 3,85 3,96 4,08 4,19	0,8617 0,9126 0,9634 1,0143 1,0652
(1900)	6—12 14—20	475	40 60	4,15 4,27	1,0072 1,0638
2000	6—12 14—28 30—50 55—80 90—100	500	40 60 80 100 120	4,59 4,71 4,84 4,96 5,09	1,1681 1,2309 1,2937 1,3565 1,4200
2200	8—10 12—25 28—45 50—70 80—100	550	40 60 80 100 120	5,52 5,66 5,80 5,94 6,08	1,5395 1,6155 1,6915 1,7675 1,8444
2400	8—10 12—22 25—40 45—65 70—100	600	40 60 80 100 120	6,54 6,70 6,85 7,00 7,15	1,9823 2,0727 2,1631 2,2536 2,3452
2500	8—10 12—22 25—40 45—60 65—100	625	40 60 80 100 120	7,09 7,25 7,40 7,56 7,72	2,2323 2,3305 2,4286 2,5267 2,6262

Продолжение табл. 14.2

D, мм	$s_д$	$H_д$	$h_ц$	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
	мм				
2600	8 10—22 25—38 40—60 65—100	650	40 60 80 100 120	7,65 7,82 7,98 8,14 8,31	2,5026 2,6087 2,7149 2,8210 2,9286
2800	8 10—20 22—36 38—55 60—100	700	40 60 80 100 120	8,85 9,03 9,20 9,38 9,55	3,1067 3,2298 3,3529 3,4760 3,6009
3000	8 10—18 20—34 36—50 55—100	750	40 60 80 100 120	10,13 10,32 10,51 10,70 10,89	3,8010 3,9423 4,0836 4,2249 4,3681
3200	10—18 20—32 34—50 55—100	800	60 80 100 120	11,70 11,90 12,10 12,30	4,7523 4,9131 5,0738 5,2373
3400	12—16 18—30 32—45 50—100	850	60 80 100 120	13,17 13,38 13,60 13,81	5,6662 5,8477 6,0292 6,2138
3600	12—20 22—28 30—40 45—100	900	60 80 100 120	14,73 14,95 15,18 15,40	6,6902 6,8936 7,0971 7,3043
3800	14 16—25 28—40 45—100	950	60 80 100 120	16,37 16,61 16,84 17,08	7,8305 8,0572 8,2839 8,5149
4000	16—25 28—40 45—90	1000	80 100 120	18,35 18,60 18,85	9,3446 9,5958 9,8520
4500	16—22 25, 28	1125	80 100	23,08 23,36	13,1529 13,4710

Примечания. 1. Днища с диаметрами, заключенными в скобки, допускается применять для рубашек аппаратов. 2. Днища из двухслойной стали допускается изготовлять с толщиной стенки 24 и 26 мм вместо 25 мм. 3. Днища толщиной стенки свыше 60 мм допускается изготовлять с высотой борта $h_ц$ по оснастке предприятия-изготовителя.

Пример условного обозначения днища с D = 1000 мм и s = 10 мм:

Днище 1000-10 ГОСТ 6533—78.

Таблица 14.3

Размер конических отбортованных стальных днищ с наружными диаметрами (рис. 14.1 *в*), ГОСТ 12619

$D_н$, мм	$s_д$	$h_ц$	2α = 6О°			2 α = 9О°		
	мм		$H_{д.н}$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_{д.н}$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
219 273 325 377 426	4—8	3О	2О1 248 293 338 39О	О,11 О,15 О,20 О,27 О,36	О,003 О,006 О,011 О,016 О,024	125 152 178 2О4 245	О,09 О,12 О,16 О,20 О,30	О,003 О,005 О,008 О,012 О,019
48О	4—8 1О	3О	436 —	О,44 —	О,О34 —	272	О,36	О,О25
53О	4—8 1О	3О 4О	48О —	О,53 —	О,О45 —	297	О,42 О,44	О,033 О,035
63О	4—8 1О	3О 4О	566 —	О,72 —	О,О72 —	347	О,55 О,57	О,О52 О,О55
72О	6—1О 12	5О	644	О,94 О,96	О,1О9 О,113	392	О,71 О,74	О,О78 О,О82
82О	6, 8 1О, 12	4О 5О	752	1,3О 1,33	О,168 О,174	476	1,О7 1,1О	О,128 О,133
92О	6, 8 1О, 12 14	4О 5О 6О	838 838 —	1,59 1,62 —	О,231 О,238 —	526	1,28 1,31 1,34	О,172 О,179 О,185
1О2О	6, 8 1О, 12 14, 16	4О 5О 6О	925 925 —	1,91 1,94 —	О,3О8 О,316 —	576	1,5О 1,54 1,58	О,225 О,233 О,242
112О	6, 8 1О 12, 14 16	4О 5О 6О 7О	1О12 1О12 1О12 —	2,25 2,29 2,33 —	О,4ОО О,41О О,419 —	626	1,75 1,78 1,83 1,86	О,288 О,298 О,3О8 О,318
122О	6 8, 1О 12, 14 16	4О 5О 6О 7О	1О98 1О98 1О98 —	2,63 2,67 2,71 —	О,5О8 О,52О О,531 —	676	2,О1 2,О5 2,1О 2,14	О,361 О,373 О,385 О,396
132О	6—1О 12 14 16	5О 6О 7О 7О	1185 1185 1185 —	3,О8 3,12 3,17 —	О,648 О,662 О,675 —	726	2,33 2,38 2,43 2,43	О,46О О,473 О,487 О,487
142О	6, 8 1О, 12 14, 16	5О 6О 7О	1272	3,52 3,56 3,61	О,796 О,812 О,827	776	2,64 2,68 2,74	О,558 О,574 О,59О

П р и м е ч а н и я . 1. $R_б$ = 4О мм — для $D_н \leq 377$ мм, $R_б$ = 8О мм — для $D_н \geq 426$ до 72О мм, $R_б$ = 16О мм — для $D_н \geq 82О$ мм.
2. Значения толщин стенок только четные.

П р и м е р у с л о в н о г о о б о з н а ч е н и я днища с 2α = 6О°, $D_н$ = 53О мм и S = 6 мм:

Днище 60-530-6 ГОСТ 12619—78.

Таблица 14.4

Размеры конических отбортованных стальных днищ с внутренними базовыми диаметрами (рис. 14.1 в), ГОСТ 12619

D, мм	$s_д$	$h_ц$	$2\alpha = 60°$			$2\alpha = 90°$		
	мм		$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
400 (450)	3—10	30	367 411	0,32 0,40	0,02 0,028	232 257	0,27 0,32	0,016 0,021
500	3—8 10	30 40	452	0,48 0,49	0,038 0,040	282	0,38 0,40	0,028 0,030
(550)	4—8 10	30 40	447	0,56 0,58	0,049 0,052	307	0,44 0,46	0,036 0,039
600	4—8 10, 12	30 40	541	0,66 0,68	0,063 0,066	332	0,51 0,53	0,046 0,048
(650)	4—8 10, 12	30 40	584	0,76 0,78	0,079 0,082	357	0,58 0,60	0,056 0,062
700	4—6 8—10 12	30 40 50	627	0,87 0,89 0,92	0,097 0,101 0.105	382	0,65 0,68 0,70	0,069 0,073 0,076
800	4, 6 8, 10 12, 14	30 40 50	735	1,22 1,25 1,28	0,152 0,157 0,162	466	1,00 1,03 1,06	0,115 0,120 0,125
900	4, 6 8 10, 12 14	30 40 50 60	821	1,50 1,53 1,56 1,59	0,211 0,217 0,224 0,230	516	1,20 1,23 1,26 1,30	0,156 0,162 0,169 0,175
1000	4 6, 8 10, 12 14, 16	30 40 50 60	908	1,81 1,84 1,88 1,93	0,283 0,291 0,299 0,307	566	1,42 1,45 1,49 1,53	0,206 0,214 0,222 0,229
(1100)	6, 8 10 12, 14 16	40 50 60 70	997	2,19 2,22 2,26 2,30	0,380 0,389 0,399 0,408	616	1,69 1,73 1,77 1,81	0,275 0,284 0,294 0,303
1200	6 8, 10 12, 14 16, 18	40 50 60 70	1080	2,55 2,60 2,64 2,68	0,485 0,496 0,508 0,519	666	1,95 1,99 2,04 2,08	0,346 0,357 0,368 0,380
(1300)	6 8, 10 12 14, 16	40 50 60 70	1168	2,95 3,00 3,04 3,08	0,608 0,621 0,634 0,647	716	2,23 2,28 2,32 2,37	0,428 0,441 0,454 0,468

	18, 2О	8О		3,13	О,661		2,41	О,481

Продолжение табл. 14.4

D, мм	$s_д$	$h_ц$	$2\alpha = 60°$			$2\alpha = 90°$		
	мм		$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
1400	6, 8 10, 12 14, 16 18, 20	50 60 70 80	1254	3,43 3,47 3,52 3,57	0,765 0,780 0,795 0,811	766	2,58 2,62 2,67 2,72	0,537 0,553 0,568 0,584
(1500)	6, 8 10, 12 14 16, 18 20, 22	50 60 70 80 100	1340	3,89 3,94 3,99 4,04 4,14	0,929 0,946 0,964 0,982 1,017	816	2,89 2,94 2,99 3,05 3,15	0,646 0,664 0,682 0,699 0,735
1600	6, 8 10 12, 14 16, 18 20—25	50 60 70 80 100	1439	4,49 4,54 4,59 4,65 4,76	1,136 1,156 1,177 1,197 1,237	882	3,40 3,45 3,51 3,57 3,68	0,802 0,822 0,843 0,863 0,903
(1700)	6, 8 10 12, 14 16 18	50 60 70 80 100	1525	5,01 5,07 5,12 5,18 5,29	1,348 1,371 1,394 1,416 1,462	932	3,76 3,82 3,88 3,94 4,06	0,944 0,966 0,989 1,012 1,057
1800	6 8, 10 12 14, 16 18—25	50 60 70 80 100	1612	5,56 5,62 5,68 5,74 5,86	1,585 1,611 1,636 1,662 1,712	982	4,14 4,20 4,26 4,33 4,45	1,100 1,126 1,151 1,177 1,228
(1900)	6 8, 10 12 14, 16 18	50 60 70 80 100	1698	6,15 6,20 6,27 6,33 6,46	1,850 1,880 1,910 1,930 1,990	1032	4,54 4,61 4,67 4,74 4,87	1,273 1,302 1,330 1,358 1,415
2000	6 8 10, 12 14 16—22 25—30	50 60 70 80 100 120	1785	6,76 6,82 6,89 6,95 7,09 7,22	2,139 2,170 2,201 2,233 2,296 2,358	1082	4,96 5,03 5,09 5,16 5,30 5,44	1,463 1,495 1,526 1,557 1,620 1,683
2200	8 10 12, 14 16—22 25—30	60 70 80 100 120	1958	8,14 8,20 8,28 8,42 8,57	2,845 2,883 2,921 2,997 3,073	1182	5,92 6,00 6,07 6,22 6,37	1,935 1,973 2,011 2,087 2,163
2400	8 10 12 14—18 20—28	60 70 80 100 120	2130	9,56 9,64 9,72 9,88 10,04	3,647 3,693 3,738 3,828 3,919	1282	6,90 6,97 7,06 7,21 7,38	2,454 2,499 2,544 2,635 2,725

Продолжение табл. 14.4

D, мм	$s_д$	$h_ц$	$2\alpha = 60°$			$2\alpha = 90°$		
	мм		$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
2500	8 10 12 14—18 20—25	60 70 80 100 120	2218	10,32 10,40 10,48 10,65 10,81	4,100 4,149 4,198 4,296 4,394	1332	7,41 7,49 7,57 7,74 7,90	2,745 2,794 2,843 2,941 3,039
2600	8 10, 12 14—18 20, 22	70 80 100 120	2303	11,20 11,28 11,45 11,62	4,640 4,693 4,800 4,906	1382	8,03 8,11 8,28 8,45	3,110 3,163 3,269 3,375
2800	8 10 12—16 18—22	70 80 100 120	2478	12,86 12,95 13,13 13,31	5,737 5,799 5,922 6,045	1482	9,15 9,24 9,42 9,61	3,812 3,874 3,997 4,120
3000	10 12—16 18	80 100 120	2650	14,74 14,93 15,13	7,065 7,206 7,348	1582	10,44 10,64 10,84	4,683 4,824 4,965
3200	10 12—16 18	80 100 120	2837	16,92 17,12 17,33	8,611 8,771 8,932	1704	12,13 12,34 12,55	5,762 5,923 6,084
3400	10—14 16,18	100 120	3010	19,17 19,39	10,426 10,608	1804	13,72 13,95	6,989 7,170
3600	12, 14 16, 18	100 120	3185	21,33 21,57	12,277 12,480	1904	15,18 15,42	8,175 8,378
3800	12 14—18	100 120	3358	23,61 23,86	14,334 14,560	2004	16,72 16,96	9,486 9,713
4000	12 14, 16	100 120	3530	26,01 26,26	16,608 16,859	2104	18,32 18,58	10,930 11,181

Примечания. 1. $R_б$ = 80 мм — для $D \le 700$ мм, $R_б$ = 160 мм — для D = 800 — 1500 мм, $R_б$ = 200 мм — для D = 1600 — 3000 мм, $R_б$ = 250 мм — для $D \ge 3200$ мм. 2. Диаметры днищ, заключенные в скобки, предусмотрены только для обогревающих и охлаждающих рубашек. 3. Значения толщин стенок: при $s > 22$ мм — 25, 28 и 30 мм.

Пример условного обозначения днища с $2\alpha = 60°$, D = 500 мм и s = 6 мм:

Днище 60-500-6 ГОСТ 12619—78.

Таблица 14.5

Размеры конических неотбортованных стальных днищ с наружными базовыми диаметрами (рис. 14.1 *д*), ГОСТ 12620

$D_н$	$s_д$	2α = 6О°			2α = 9О°			2 α = 12О°		
мм		$H_{д,н}$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_{д,н}$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_{д,н.}$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
219	3; 4	19О	0,07	0,002	1О9,5	0,05	0,001	—	—	—
273		236	О,11	0,004	136,5	0,08	0,003			
325		281	О,16	0,007	162,5	О,11	0,004			
377		326	О,21	0,012	188,5	О,15	0,007			
426	4; 6	369	О,27	0,016	213	О,19	0,009	123	О,16	0,005
48О		415	О,34	0,023	24О	О,24	0,013	138	0,2О	0,008
53О		459	О,42	0,032	265	0,3О	0,019	153	О,25	0,01О
63О		546	0,6О	0,054	315	О,43	0,031	181	О,36	0,017
72О	6; 8	624	О,78	0,08О	36О	О,56	0,047	2О7	О,45	0,026
82О		71О	1,02	0,12О	41О	О,72	0,068	237	О,58	0,039
92О		797	1,28	О,169	46О	О,92	0,098	265	О,74	0,055
1О2О		883	1,58	О,231	51О	1,14	О,132	294	О,91	0,075
112О		97О	1,91	0,3О7	56О	1,35	О,176	323	1,1О	0,1О2
122О		1О56	2,28	О,398	61О	1,61	О,228	352	1,31	0,13О
132О		1143	2,67	0,5О5	66О	1,88	0,29О	381	1,54	О,166
142О		123О	3,1О	О,631	71О	2,18	О,362	41О	1,78	0,2О7

П р и м е ч а н и е . Для каждого угла 2α и $D_н$ в зависимости от значений $s_д$, $F_д$ и $V_д$ имеют разные (в пределах ≤ 1%) значения; в таблице приведены наименьшие значения.

П р и м е р у с л о в н о г о о б о з н а ч е н и я днища с 2а = 6О°, $D_н$ = 53О мм и $s_д$ = 6 мм:

Днище 60-530-6 ГОСТ 12620—78

Таблица 14.6

Размеры конических неотбортованных стальных днищ с внутренними базовыми диаметрами (рис. 14.1 *д*), ГОСТ 12620

D	$s_д$	$2\alpha = 60°$			$2\alpha = 90°$			$2\alpha = 120°$		
мм		$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$H_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
400 500 600	3, 4, 6*[1] 3, 4, 6 3 *[2], 4, 6, 8 *[1]	346 433 520	0,25 0,39 0,56	0,02 0,03 0,05	200 250 300	0,18 0,28 0,40	0,01 0,02 0,03	115 144 173	0,14 0,23 0,32	0,01 0,01 0,02
700 800 900 1000 1200	4, 6, 8	606 692 779 866 1039	0,76 1,02 1,27 1,56 2,25	0,08 0,12 0,17 0,23 0,39	350 400 450 500 600	0,55 0,71 0,90 1,12 1,60	0,05 0,07 0,10 0,13 0,23	202 230 260 288 346	0,44 0,58 0,74 0,90 1,30	0,03 0,04 0,06 0,08 0,13
1400	6, 8, 10	1212	3,06	0,62	700	2,20	0,36	404	1,78	0,21
1600 1800 2000	6*[2], 10, 12*[3]	1386 1559 1732	3,99 5,05 6,24	0,93 1,32 1,82	800 900 1000	2,86 3,63 4,48	0,54 0,76 1,05	462 520 577	2,32 2,93 3,62	0,31 0,44 0,60
2200 2400 2500 2600	8, 10, 12	1905 2078 2165 2252	7,55 8,99 9,81 10,55	2,42 3,14 3,56 3,99	1100 1200 1250 1300	5,42 6,45 6,93 7,56	1,40 1,80 2,04 2,30	635 692 722 750	4,38 5,22 5,66 6,12	0,80 1,04 1,18 1,33
2800 3000	8, 10, 12, 14 *[3]	2425 2598	12,23 14,04	4,98 6,13	1400 1500	8,78 10,08	2,88 3,54	808 866	7,10 8,15	1,65 2,04
3200	8 *[4], 10, 12, 14 *[5]	2771	16,07	7,42	1600	11,35	4,30	924	9,27	2,48
3400 3600 3800 4000	10, 12, 14 *[5]	2944 3117 3290 3464	18,15 20,34 22,65 25,10	8,90 10,55 12,42 14,50	1700 1800 1900 2000	12,82 14,37 16,00 17,74	5,14 6,10 7,18 8,38	981 1039 1097 1155	10,47 11,73 13,08 14,49	2,97 3,52 4,15 4,84
4500 5000	12, 14, 16	—	—	—	2250 2500	22,45 27,72	11,93 16,36	1299 1443	18,34 22,64	6,88 9,44
5600 6300	12 *[3], 14, 16, 18 *[1] 12 *[3], 14 *[3], 16, 18 *[1]	—	—	—	2800 3150	34,76 44,00	22,98 32,72	1616 1818	28,40 35,94	13,26 18,89

Пример условного обозначения днища с $2\alpha = 60°$, $D = 1000$ мм и $s_д = 6$ мм:

Днище 60-1000-6 ГОСТ 12620—78.

*1 Только для 2α = 12О°.
*2 » » 2α = 6О° и 9О°.
*3 » » 2α = 9О°.
*4 » » 2α = 6О°.
*5 » » 2α = 9О° и 12О°.

Таблица 14.7

Размеры конических неотбортованных стальных днищ с углом при вершине 2α = 140° (рис. 14.1 *е*), ГОСТ 12621

D, мм	$H_д$, мм	$s_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
1600	182	4, 6, 8, 10	1,84	0,18
1800	218		2,40	0,26
2000	255	6, 8, 10, 12	3,04	0,37
2200	291		3,74	0,50
2400	328		4,50	0,65
2500	346		5,21	0,73
2600	364		5,64	0,83
2800	400		6,54	1,03
3000	437		7,23	1,28
3200	473	8, 10, 12, 14	8,55	1,55
3400	510		9,65	1,86
3600	510	10, 12, 14	10,81	2,20
3800	542		12,05	2,57
4000	582		13,35	3,02

Примечание. d = 600 мм — для $D \le 3400$ мм, d = 800 мм — для $D \ge 3600$ мм.
Пример условного обозначения днища с D = 2000 мм и $s_д$ = 10 мм:
Днище 2000-10 ГОСТ 12621—78.

Таблица 14.8

Размеры сферических неотбортованных днищ (рис.14.1, *д*), ОСТ 26–01–1297 – 75

D, мм	$H_{д.н}$, мм	$s_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3
400	53,6	4, 6, 8	0,134	0,003
450	60,3	4, 6, 8, 10	0,170	0,005
500	67,0		0,210	0,006
600	80,4		0,303	0,011
700	93,8	4, 6, 8, 10*, 12	0,412	0,018
800	107		0,539	0,026
900	121	6, 8, 10, 12	0,682	0,037
1000	134		0,842	0,052
1100	147		1,02	0,069
1200	161		1,21	0,090
1400	188		1,65	0,144
1600	214		2,15	0,216
1800	241		2,73	0,308
2000	268		3,37	0,423
2200	292	8, 10, 12	4,07	0,564
2400	322		4,85	0,734
2600	348		5,69	0,934
2800	375		6,60	1,167
3000	402		7,57	1,437

П р и м е ч а н и е. Вместимости днищ имеют разные (в пределах ≤ 1%) значения в зависимости от *s*. В таблице приведены наименьшие значения.

П р и м е р у с л о в н о г о о б о з н а ч е н и я днища с *D* = 1ООО мм и *s* = 1О мм из стали О9Г2С:

Днище 1000-10-09Г2С ОСТ 26-01-1297—75.

Таблица 14.9

Размеры плоских стальных отбортованных (ГОСТ 12622) и неотбортованных (ГОСТ 12623) днищ для корпусов с наружными базовыми диаметрами

$D_н$, мм	Отбортованные (рис. 14.1, *г*)			Неотбортованные (рис. 14.1, *з*)		
	$s_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$D_н$	$s_д$	s_1^*
				мм		
133 159 168	—	—	—	119 143 152	4—22, 25	5 6 6
219 273 325 377 426 48О	4,6	0,06 0,09 О,12 О,16 О,19 О,24	0,002 0,003 0,004 0,006 0,007 0,009	2О3 255 3О5 355 4О2 456	4—22, 25	7 7 8 9 1О 1О
53О 63О 72О 82О 92О	4,6	О,28 О,38 О,49 О,63 О,78	О,011 О,016 О,021 О,03О О,038	—	—	—
1О2О 112О 122О 132О 142О	4—8 6,8 6,8 6,8 6,8	О,94 1,11 1,31 1,53 1,75	О,047 О,057 О,068 О,079 О,092	—	—	—

Примечание. $R_б$ = 3О мм; $h_ц$ = 25 мм для $D_н$ ≤ 72О мм, $h_ц$ = 3О мм для D ≥ 82О мм.
Пример условного обозначения отбортованного днища с $D_н$ = 325 мм и $s_д$ = 6 мм:
Днище 325-6 ГОСТ 12622—78.

* Размеры для справок.

В табл. 14.11—14.12 приведены основные данные о стандартизованных медных тарельчатых (сферических) и эллиптических днищах (крышках), применяемых со свободными фланцами в медной аппаратуре.

Сферические фланцевые крышки отличаются относительно малой высотой по сравнению с эллиптическими и небольшой металлоемкостью по сравнению с плоскими крышками.

Основные типовые конструкции сферических фланцевых крышек: *I* — сварные при $p_у$ ≤ 2,5 *МПа*; *II* — сварные при $p_у$ > 2,5 МПа; *III* — кованые и литые; *IV* — тарельчатые (из меди) с накидными фланцами при $p_у$ ≤ О,3 МПа

Таблица 14.10

Размеры плоских стальных отбортованных (ГОСТ 12622) и неотбортованных (ГОСТ 12623) днищ для корпусов с внутренними базовыми диаметрами

D, мм	Отбортованные (рис. 14.1, *г*)			Неотбортованные (рис. 14.1, *з*)	
	$s_д$, мм	$F_д$, м^2	$V_д$, м^3	$s_д$	$D_н$
				мм	
400	4, 6	0,18	0,007	3—6	430
500		0,26	0,010	3—6	530
600		0,36	0,015	4, 6	630
700		0,48	0,021	4—10	740
800		0,62	0,030	4—10	840
900		0,77	0,038	4—12	940
1000		0,93	0,046	4—12	1040
1200	6, 8	1,30	0,067	4—12	1240
1400		1,75	0,091	4—12	1440
1600		2,25	0,120	4—12	1640
1800		2,80	0,152	4—14	1840
2000		3,43	0,187	4—14	2040
2200	8, 10	4,12	0,227	6—16	2250
2400		4,88	0,270		2450
2500		5,28	0,293		2550
2600		5,69	0,317		2650
2800		6,57	0,368		2850
3000		7,50	0,422		3060
3200	8—12	8,51	0,500	6—16	3260
3400	10, 12	9,58	0,565	6—16	3460
3600	10, 12	10,70	0,633	6—20	3660
3800	10, 12	11,90	0,706	6—20	3860
4000	10, 12	13,15	0,782	6—20	4060
4500	—	—	—	8—20; 25	4560
5000					5060
5600					5660

Примечание. $R_б$ = 30 мм; $h_ц$ = 25 мм для $D \le 700$ мм, $h_ц$ = 30 мм для $D \ge 800$ мм.

Пример условного обозначения отбортованного днища с D = 1000 мм и $s_д$ = 6 мм:

Днище 1000-6 ГОСТ 12622—78.

Таблица 14.11

Фланцевые тарельчатые днища (крышки) из меди
(тип 1, ГОСТ 11972)

Условное обозначение днища с $D_в$ = 500 мм и s = 3 мм:
Днище 1 – 500 – 3 ГОСТ 11972 – 78

$D_в$	$h_в$	$D_ф$	D_1	F, м^2	$V \cdot 10^3$, м^3	Толщина стенки s, мм						
						2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
мм						Масса, кг						
300	40	410	420	0,075	1,44	2,5	3,1	—				
350	47	460	470	0,103	2,10	3,1	3,9	4,6				
400	53	510	520	0,135	3,36	3,8	4,7	5,7				
450	60	560	575	0,169	4,86	4,6	5,8	6,9	—			
500	67	610	630	0,210	6,73	5,5	6,9	8,3		—		
550	74	660	680	0,225	9,03	6,5	8,1	9,7				
600	80	710	735	0,303	11,5	7,5	9,4	11,3			—	
650	87	760	790	0,355	14,8	8,7	10,9	13,1				
700	93	810	840	0,408	17,3	9,9	12,3	14,8	17,3			—
750	100	860	890	0,471	22,5	11,1	13,8	16,6	19,4			
800	107	910	940	0,539	27,5	12,3	15,4	18,5	21,6			
850	113	960	995	0,608	32,6	13,8	17,3	20,8	24,2			
900	121	1010	1050	0,682	40,9	15,4	19,3	23,1	27,0			
950	128	1060	1100	0,757	46,7		21,1	25,4	29,6	33,8		
1000	134	1115	1160	0,842	53,9		23,5	28,2	32,9	37,6		
1100	147	1235	1280	0,974	71,3		28,6	34,4	40,1	45,8		
1200	161	1335	1390	1,21	93,3		33,7	40,5	47,2	54,0		
1300	174	1435	1490	1,52	118			46,6	54,3	62,1	69,8	
1400	188	1535	1595	1,65	148			53,3	62,2	71,1	80,0	
1500	201	1635	1700	1,89	180	—		60,6	70,7	80,8	90,9	
1600	214	1735	1805	2,16	242			68,3	79,7	91,1	103	114
1800	24	1935	2015	2,73	314		—	85,1	99,3	114	128	142
2000	268	2135	2225	3,37	431			103	121	138	156	173

Примечания.

1. *)* — внутренняя поверхность днища, V — емкость днища, D_1 — диаметр развертки днища.
2. Днища предназначены для аппаратов, работающих при $p_у \leq$ О,О7 *ММа* и $t_с$ от минус 196 до плюс 25О°С.
3. Материал днищ — медь марок М3 и М3С.

Таблица 14.12

Фланцевые 5эллиптические отбортованные днища (крышки) из меди (тип 2, ГОСТ 11972)

Условное обозначение днища с $D_в$ = 500 *мм* и s = 3 *мм*, диаметром борта D = 610 *мм*:
Днище 2 —500—610 ГОСТ 11972—78

$D_в$	$h_в$	$D_ф$	D_1	F, м²	$V \cdot 10^3$, м³	Толщина стенки s, мм							
						2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
мм						Масса, кг							
300 350	75 88	410 460	500 560	0,12 0,16	5,3 8,0	3,5 4,4	4,4 5,5	5,2 6,6	6,1 7,7	—			
400	100	510 530	620 640	0,20	11,5	5,4 —	6,7 —	8,1 8,6	9,4 9,9	10,7 —	—		
450	112	560 580	675 695	0,25	15,8	6,4 —	8,0 —	9,5 10,1	11,1 11,8	12,7 —			
500	125	610 630	735 755	0,31	21,4	7,5 —	9,4 —	11,3 11,9	13,2 13,9	15,1 —		—	
550	137	660 680	805 825	0,37	27,6	9,1 —	11,3 —	13,6 14,3	15,8 16,7	18,1 —	20,4 —		
600	150	710 730	850 870	0,44	35,2	10,1 —	12,6 —	15,1 15,9	17,7 18,5	20,2 —	22,7 —		—
650	162	760 780	910 930	0,51	44,2	11,6 —	14,5 —	17,4 18,1	20,2 21,2	23,1 —	26,0 —		
700	175	810 830 840	970 990 1000	0,59	54,5	13,1 —	16,4 —	19,7 20,5 21,0	23,0 24,0 24,5	26,3 — 28,0	29,6 —	32,9 —	
750	187	860 880 890	1010 1030 1040	0,67	66,2	14,3 —	17,8 —	21,4 22,2 22,7	24,9 25,9 26,5	— 29,7 30,2	33,3 —	37,0 —	
800	200	910 930	1085 1105 1135	0,76	79,6	16,5 —	20,6 —	24,7 25,6 27,0	28,8 29,9 31,5	— 34,1 36,0	38,4 —	42,7 —	
850	212	960 980 1010	1170 1190 1220	0,86	96,8	19,1 —	23,9 —	28,7 29,7 31,2	33,5 34,6 36,4	38,3 39,6 41,6	44,5 —	49,5 —	59,4 —
900	225	1030 1060	1215 1235 1265	0,95	111	20,6 —	25,8 —	30,9 32,0 33,6	36,1 37,3 39,1	41,3 42,6 44,7	48,0 —	53,3 —	64,0 —
950	237	1080 1135	1250 1270 1325	1,06	132	—	27,8 —	32,8 33,8 36,8	38,2 39,5 42,9	43,7 45,1 49,0	50,7 —	56,4 —	67,6 —

Рис.14.4. Конструкция соединения сферических неотбортованных днищ с обечайкой

Конструкция соединения сферических неотбортованных днищ с цилиндрической обечайкой показаны на рис. 14.4, а плоских днищ — на рис. 14.5.

Цилиндрические днища (рис.14.6), представляющие собой часть цилиндрической обечайки, которая ограничивает обечайку корпуса аппарата того же диаметра при соединении их друг с другом под прямым углом, применяются лишь в аппаратах неответственного назначения, работающих без избыточного давления, под наливом или под избыточным давлением до 0,07 МПа при температуре среды до 50°С.

Наличие концентрации напряжений в местах перехода одной криволинейной поверхности в другую, которые примерно в 1,7 раза превышают номинальные напряжения в цилиндрической обечайке, требуют из условий прочности соответствующего увеличения толщины стенки днища и прилегающей к нему концевой цилиндрической обечайки аппарата.

Эллиптические отбортованные днища изготовляются горячей штамповкой из плоских круглых заготовок, состоящих из одной или нескольких частей, сваренных между собой встык. Возможное расположение стыков таких днищ показано на рис. 14.7 при $\alpha \le 0{,}2D$, а $\alpha_1 \ge 200$ мм.

Полушаровые днища изготавливаются сварными из штампованных лепестков и шарового сегмента (рис. 14.8) при $\alpha \ge 3s$, но не менее 100 мм, $\alpha_1 \le D/6$ и $\alpha_2 \le D/3$. Для крупногабаритных полушаровых днищ отдельные лепестки до штамповки в плоском состоянии могут свариваться из нескольких частей. Количество лепестков выбирается исходя из размеров листов и рационального раскроя.

При расположении отверстий в выпуклых днищах, за исключением эллиптических, должны соблюдаться следующие условия (рис.14.9): при $s < 10$ мм $l \ge 0{,}1D_н$, при $s \ge 10$ мм $l \ge 0{,}09D + s$, где l — размер по проекции образующей по наружной поверхности днища.

При необходимости допускается расположение отверстий на отбортованной части выпуклого днища в зоне $l < 0{,}1D_н$ при условии подтверждения прочности специальным расчетом, согласованным головной организацией отрасли или соответствующими данными тензометрических измерений.

На отбортованной части эллиптических днищ допускается расположение отверстий в соответствии с расчетом по ОСТ 26-2045—77. Конические отбортованные или неотбортованные днища и переходы изготовляются вальцовкой плоских разверток с последующей или нескольких частей, сваренных между собой встык согласно рис. 14.10. При этом крупногабаритные днища в соответствии с расчетом их на прочность могут выполняться из листов разной толщины с соблюдением правил, указанных в главе 8.

Ориентировочные отклонения основных размеров эллиптических днищ приведены в табл. 14.13.

Допускается конусность отбортованной цилиндрической части в эллиптических днищах в зависимости от толщины стенки s, мм:

Толщина	До 20	20—26	28—34	Св. 36
Конусность	4	5	6	8

Отклонения от эллиптической формы в любом диаметральном сечении зависят от диаметра днища, мм:

Диаметр днища	До 529	550—1400	1600—2200	2400—2800	Св.3000
Отклонения ΔR	+2; –5	+4; –10	+8; –18	+10; –28	+14; –38

Отклонения диаметра у цилиндрической части отбортованных эллиптических, конических и плоских днищ, а также полушарового днища определяются исходя из условий допускаемого смещения кромок при соединении с корпусом при $\alpha \le 1{,}0\%$ (см. гл. 13).

Совместный увод кромок у продольных и кольцевых швов днищ, состоящих из нескольких частей, может быть $0{,}1\,s + 3$ мм, но не более 5 мм.

Продольные швы смежных поясов в составных конических днищах и меридиональные швы в полушаровых днищах должны быть смещены относительно друг друга

отбортовкой, которые могут состоять из одной

Рис.14.5. Конструкции плоских днищ и сварное соединение их с цилиндрическими обечайками в сварных стальных аппаратах: *а* — с односторонним угловым швом без скоса кромки; *б,г,з* — с двусторонним угловым швом без скоса кромок; *в* — с односторонним угловым швом и скосом двух кромок; *д* — с двусторонним угловым швом и двусторонним скосом кромки обечайки; *е* — с двусторонним угловым швом и двусторонним скосом кромки днища; *ж* — с односторонним тавровым швом и криволинейным скосом кромки днища; *и* — с односторонним стыковым швом и подкладкой; *к* — с односторонним стыковым швом в замок и скосом двух кромок

(рис.14.1О), а отклонение любого продольного шва от образующей конуса допускается не более чем на 15 мм на 1 м высоты конуса. Для аппаратов, не подведомственных Госгортехнадзору, указанные швы допускается не смещать, если они не выполняются автоматической сваркой и при 1ОО% просвечивании мест пересечения. Смещение кромок свариваемых заготовок днищ не должно превышать 1О % толщины листа, но не более 3 мм.

Для днищ, изготовленных штамповкой, допускается утонение в зоне отбортовки до 15 % от исходной толщины заготовки.

Рис.14.6. Конструкция цилиндрического днища

Рис.14.7. Расположение стыков в плоских заготовках для эллиптиче- ских днищ, изготовляемых из нескольких листов: *а,б* — из двух листов; *в,г,е* — из трех листов; *д,ƒ,з* — из четырех листов

Рис.14.8. Расположение стыков в полушаровых днищах, изготовляемых из отдельных частей: *а* — пример расположения сварных швов в днище; *б* — пример расположения сварных швов в плоской заготовке лепестка

Рис.14.9. Расположение отверстий в выпуклых днищах

Рис.14.1О. Расположение стыков в плоских заготовках—развертках конических днищ, изготовленных из отдельных частей: *а* — при *s* = соИє и длине листов свыше О,5*D*;

б — при *s* = соИє и длине до О,5*D*

Таблица 14.13

Ориентировочные отклонения основных размеров 5ллиптических отбортованных днищ, мм

D, мм	ΔD		ΔH	Вогнутость и выпуклость	Торцевое биение
	$s \leq 22$	$s > 22$			
До 72О	± 2	± 3	± 4	2	2
8ОО—13ОО	± 3	± 4	± 6	3	3
14ОО—17ОО	± 4	± 5	± 8	4	4
18ОО—25ОО	± 5	± 6	± 12	4	5
26ОО—3ООО	± 6	± 7	± 16	4	8
32ОО—34ОО	± 6	± 7	± 2О	4	1О
36ОО—4ООО	± 8	± 8	± 2О	4	1О

Отклонения размеров и формы эллиптических днищ (рис. 14.11) не должно превышать значений, указанных в табл. 14.14, 14.15 и 14.16 (ГОСТ 5263О).

Рис. 14.11. Отклонения размеров и формы эллиптического днища

Таблица 14.14

Допуски высоты цилиндрической части и высоты выпуклости (вогнутости) на эллипсоидной части днища

Диаметр днища, *D*, мм	Предельное отклонение высоты цилиндрической части, Δ h, мм	Предельная высота отдельной вогнутости или выпуклости на эллипсоидной части, Т, мм
До 720	±5	2
От 800 до 1300		3
От 1320 и более		4

Примечания. 1. Высота отдельной вогнутости или выпуклости Т на эллипсоидной части днища, изготавливаемого на фланжировочном прессе, допускается до 6 мм.

2. На цилиндрической части днища не допускаются гофры высотой более 2 мм.

3. Высота эллипсоидной части днища обеспечивается оснасткой.

Таблица 14.15

Допуски наклона цилиндрической части

Толщина днища, s', мм	Допуски наклона, Δ m, мм
От 20	4
От 22 до 25	5
От 28 до 34	6
От 36 и более	8

Таблица 14.16

Допуски формы эллипсоидной поверхности

Диаметр днищ, *D*, мм	Зазор между шаблоном и эллипсоидной поверхностью, мм	
	Δ*r*	Δ*R*
До 530	4	8
От 550 до 1400	6	13
От 1500 до 2200	10	21
От 2400 до 2800	12	31
От 3000 и более	16	41

Контроль формы готового днища следует производить шаблоном длиной 0,5 внутреннего диаметра днища. Высота цилиндрической части должна измеряться приложением линейки по ГОСТ 427.

Высота отдельной вогнутости или выпуклости Т для полусферических днищ (рис. 14.12а) на поверхности днищ должна быть не более 4 мм.

Зазоры ΔR и Δr между шаблоном и сферической поверхностью днища из лепестков и шарового сегмента (рис. 14.12, б,в) должны быть не более ±5 мм при внутреннем диаметре днища до 5000 мм и ±8 мм при внутреннем диаметре более 5000 мм. Величина зазора ΔR может быть увеличена в 2 раза, если s′ ≥0,8s (s — толщина обечайки, s′ — толщина днища).

Рис 14.12. Отклонение формы полусферического днища

Зазоры Δ*R* и Δ*r* между шаблоном и сферической поверхностью штампованного днища должны быть не более значений, указанных в табл. 14.16.

Контроль формы готового днища производится шаблоном длиной не менее 1/6 внутреннего диаметра днища.

У конических днищ (переходов) продольные и кольцевые швы смежных поясов могут располагаться не параллельно образующей и основанию конуса. При этом должны выполняться требования п. 13.3.

Утонение толщины стенки отбортовки конических днищ (переходов), изготовляемых штамповкой, не должно превышать 15% от исходной толщины заготовки.

Отклонения высоты цилиндрической части днища допускаются не более +10 и —5 мм.

Отклонение от плоскостности для плоских днищ по ГОСТ 12622 и ГОСТ 12623 не должно превышать требований по отклонению от плоскостности на лист по ГОСТ 19903 и ГОСТ 10885.

Отклонение от плоскостности для плоских днищ, работающих под давлением, после приварки их к обечайке не должно превышать 0,01 внутреннего диаметра сосуда, но не более 20 мм при условии, что в технической документации не указаны более жесткие требования.

14.k. РАС ЕТ ВЫМУКЛЫХ ДНИu И КРЫШЕК

14.k.1. Рас етные схемы и рас етные мараметры

Расчет выпуклых днищ и крышек осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 52857.2.

На рис. 14.13 приведены расчетные схемы эллиптических, полусферических и торосферических днищ.

Рис. 14.13. Выпуклые днища: *а* — эллиптическое днище; *б* — полусферическое днище; *в* — торосферическое днище

П р и м е ч а н и е : рисунок не определяет конструкцию днищ и приведен только для указания необходимых расчетных размеров.

На рис14.17–14.2О приведены расчетные схемы сферических днищ и крышек.

14.k.k. Условия мрименения рас етных формул

Формулы применимы при выполнении условий:

– для эллиптических днищ

$$0,002 \# \frac{s_1 - c}{D} \# 0,100 ,$$

$$0,2 \# \frac{H}{D} \# 0,5 ;$$

– для торосферических днищ

$$0,002 \# \frac{s_1 - c}{D} \# 0,100 .$$

Для торосферических днищ в зависимости от соотношения параметров R, D_1, r_1 приняты следующие типы днищ:

Для сферических неотбортованных днищ и крышек формулы следует применять при $(s_1 - c)/R \le$ О,1 и О,85$D \le R \le$ D.

Для неотбортованных днищ (рис. 14.17–14.2О), нагруженных внутренним избыточным давлением, расчетные формулы следует применять при дополнительном условии $(s_1 - c)/R \ge$ О,ОО2.

Формулы для неотбортованных днищ и крышек применяют при условии выполнения угловых швов с адвусторонним сплошным проваром.

Формулы не учитывают нагружение колец дополнительными нагрузками, например, опорными элементами.

Формулы, приведенные в 14.2.3.2 и 14.2.4.2, применимы при условии, если расчетные температуры не превышают значений, при которых учитывается ползучесть материалов, т.е. при таких температурах, когда допускаемое напряжение определяют только по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности).

Если нет точных данных, то допускается формулы применять при условии, что расчетная температура стенки днища из углеродистой стали не превышает 38О °С, из низколегированной не превышает 42О °С, а из аустенитной не превышает 525 °С, для алюминия и его сплавов – 15О °С, для меди и ее сплавов – 25О °С, для титана и его сплавов – 3ОО °С.

14.k.3. 5ллимти еские и молусфери еские дниuа

14.k.3.1. 5ллихтиuесиие и холусфериuесиие дни□а, нагруwенные внутренним избытоuным давлением

Толщину стенки вычисляют по формуле

$$s_1 \ge s_{1p} + c, \qquad (14.1)$$

где

$$s_{1p} = \frac{pR}{2\varphi б\sigma@ - 0,5p} . \qquad (14.2)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляют по формуле

$$бp@ = \frac{2\hat{}s_1 - ch\varphi б\sigma@}{R + 0,5\hat{}s_1 - ch} . \qquad (14.3)$$

Радиус кривизны в вершине днища равен:

– тип А $R \approx D_1$, $r_1 \ge$ О,О95D_1;
– тип В $R \approx$ О,9D_1, $r_1 \ge$ О,О17ОD_1;
– тип С $R \approx$ О,8D_1, $r_1 \ge$ О,15ОD_1.

$$R = \frac{D^2}{4H}, \qquad (14.4)$$

где $R = D$ — для эллиптических днищ с H, равным 0,25D; $R = 0{,}5D$ — для полусферических днищ с H, равным 0,5D.

Если длина цилиндрической отбортованной части днища $h_1 \geq \sqrt{0{,}8 D (s_1 - c)}$ для эллиптического днища или $h_1 \geq \sqrt{0{,}3 D (s_1 - c)}$ для полусферического днища, то толщина днища должна быть не меньше толщины обечайки, рассчитанной в соответствии с подразделом 13.2.1.1 при $\varphi_p = 1$.

Для днищ, изготовленных из одной заготовки, коэффициент φ = 1.

14.k.3.k. 5ллихтиuесиuе и холусфериuесиuе дни□а, нагруwенные нарywным давлением

Толщину стенки предварительно вычисляют по формулам (14.5), (14.6) с обязательной последующей проверкой по формуле (14.7)

$$s_1 \geq s_{1p} + c, \qquad (14.5)$$

где

$$s_{1p} = \max\left(\frac{K_э R}{161}\sqrt{\frac{И_у p}{E}\cdot 10^{-5}}\;;\;\frac{1{,}2\,p\,R}{2\,[\sigma]}\right). \qquad (14.6)$$

Для предварительного расчета $K_э$ принимают равным О,9 для эллиптических днищ и 1,О — для полусферических днищ.

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле

$$[p]_н = \frac{[p]_н}{\sqrt{1 + \left(\frac{[\sigma]}{p_{кр}\,E}\,И\right)^2}}, \qquad (14.7)$$

где допускаемое давление из условия прочности

$$[p]_п = \frac{2[\sigma]\,(s_1 - c)}{R + 0{,}5\,(s_1 - c)}, \qquad (14.8)$$

а допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости

$$[p]_E = \frac{2{,}6\cdot 10^{-5}E\cdot\left(\frac{100\,(s_1 - c)}{K_э R}\right)^2}{И_у}. \qquad (14.9)$$

Коэффициент $K_э$ определяют по графику, приведенному на рис. 14.14, или по формуле (14.1О) в зависимости от отношений $D/s_1 - c$ и H/D:

$$K_э = \frac{1 + (2{,}4 + 8x)\,x}{1 + (3{,}0 + 10x)\,x}; \qquad (14.1О)$$

где

$$x = 10\,\frac{s_1 - c}{D}\left(\frac{D}{2H} - \frac{2H}{D}\right). \qquad (14.1Оа)$$

14.k.4. Торосферические днищa

14.k.4.1. Торосфериuесиuе дни□а, нагруwенные внутренним избыточным давлением

Толщину стенки в краевой зоне вычисляют по формуле

$$s_1 \geq s_{1p} + c, \qquad (14.11)$$

где

$$s_{1p} = \frac{p D_1 \beta_1}{2[\sigma]\varphi}. \qquad (14.12)$$

Для сварных днищ следует дополнительно проверить толщину стенки в центральной зоне по формуле

$$s_1 \geq s_{1p} + c, \qquad (14.13)$$

где

$$s_{1p} = \frac{pR}{2\varphi[\sigma] - 0{,}5p}. \qquad (14.14)$$

За расчетное значение принимают большее из значений, полученных по формулам (14.11) и (14.13).

Допускаемое избыточное давление из условия прочности краевой зоны вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{2(s_1 - c)\varphi[\sigma]}{D_1\beta_2}. \qquad (14.15)$$

Для сварных днищ необходимо дополнительно проверить допускаемое избыточное давление из условия прочности центральной зоны по формуле

$$[p] = \frac{2(s_1 - c)\varphi[\sigma]}{R + 0{,}5(s_1 - c)}. \qquad (14.16)$$

За допускаемое давление принимается меньшее из давлений, определяемых по формулам (14.15), (14.16).

Коэффициент β_1 определяют по графику, приведенному на рис. 14.15, а β_2 — по графику, приведенному на рис. 14.16, или вычисляют по формулам:

$$\text{тип A}\quad \beta_2 = \max\left(1{,}25;\ 0{,}25\sqrt[3]{\frac{D_1}{s_1 - c}} + 100\,\lg E;\ 1\right)$$

$$\text{тип B}\quad \beta_2 = \max\left(1{,}00;\ 0{,}12\sqrt[3]{\frac{D_1}{s_1 - c}} + 3{,}75\,\lg E;\ 1\right) \qquad (14.17)$$

$$\text{тип C}\quad \beta_2 = \max\left(0{,}90;\ 0{,}12\sqrt[3]{\frac{D_1}{s_1 - c}} + 3{,}20\,\lg E;\ 1\right)$$

Рис. 14.14. График для определения коэффициента $K_э$

Для днищ, изготовленных из целой заготовки, коэффициент φ = 1.

Если длина цилиндрической отбортованной части днища $h_1 \geq 0,8\sqrt{D_1 (s_1 - c)}$, то толщина цилиндрической части днища должна быть не меньше толщины обечайки, рассчитанной по формулам (13.1), (13.2) при φ = 1.

14.k.4.k. Торосферические днища, нагруженные наружным давлением

Торосферические днища, нагруженные наружным давлением, следует рассчитывать по формулам (14.5), (14.6) и (14.7) при $K_э$ = 1.

Кроме того, наружное давление не должно превышать допускаемое давление, определяемое по формуле (14.15).

Рис14.15. График для определения коэффициента β_1

Рис. 14.16. График для определения коэффициента β_2

14.k. . Сфери еские неотбортованные днИиА и крышки

14.2.5.1. Сферические неотбортованные днища и крышки, нагруфенные внутренним избыточным давлением

Толщину стенок крышек и днищ определяют методом последовательных приближений. Предварительно толщину стенки вычисляют по формуле

$$s'_{1R} = \frac{pR_c}{2\sigma_1\varphi - p}, \qquad (14.18)$$

а затем по формуле

$$s''_{1R} = \frac{pD\beta}{2\sigma_1\varphi - p}. \qquad (14.19)$$

Расчет проводят до тех пор, пока разница между полученным значением s''_{1R} и принятым s_1 при определении коэффициента β по формуле (14.24) не будет превышать 5 %.

В качестве расчетной толщины стенки днища или крышки принимают большее из двух значений, определяемых по формулам (14.18) и (14.19).

Исполнительная толщина стенки

$$s_1 \geq s_{1_R} + c. \qquad (14.2O)$$

Допускаемое избыточное давление

$$[p] = \text{miИ}\{[p_1]; [p_2]\}, \qquad (14.21)$$

где $[p_1]$ — допускаемое избыточное давление из условия прочности краевой зоны

$$[p_1] = \frac{2(s_1 - c)\varphi_т [\sigma]_1}{D + (s_1 - c)}, \tag{14.22}$$

$[p_1]$ — допускаемое избыточное давление из условия прочности центральной зоны

$$[p_2] = \frac{2(s_1 - c)\varphi [\sigma]_1}{R_c + (s_1 - c)}. \tag{14.23}$$

β при $M \le [M]$ вычисляют по формуле

$$\beta = 0,5 + \frac{\operatorname{tg}\psi}{\gamma_к \frac{4A_к}{D(s_1 - c)}\sqrt{1 - \frac{M}{[M]}} + 3\sqrt{\frac{s_1 - c}{D}}\left(\frac{1}{\sqrt{\cos\psi}} + \left(\gamma\frac{s - c}{s_1 - c}\right)^{3/2} + \left(\gamma_5\frac{s_5 - c}{s_1 - c}\right)^{3/2}\right)}. \tag{14.24}$$

При заданных геометрических размерах днищ тригонометрические функции вычисляют по формулам:

$$\cos\psi = \frac{D}{2R_c}; \quad \operatorname{tg}\psi = \sqrt{\left(\frac{2R_c}{D}\right)^2 - 1}.$$

Отношение допускаемых напряжений вычисляют по формулам:

$$\gamma_к = \frac{[\sigma]_к}{[\sigma]_1}; \quad \gamma = \frac{[\sigma]}{[\sigma]_1}; \quad \gamma_5 = \frac{[\sigma]_5}{[\sigma]_1}.$$

Величины $A_к$, M, $[M]$ определяют по формулам, приведенным в табл. 14.17.

Таблица 14.17

Расчетная модель	M	$[M]$	$A_к$
Рисунок 14.17	–	–	–
Рисунок 14.18	$\left\lvert p\frac{\nu D^2}{4} e_1 \operatorname{tg}\psi \right\rvert$	$\frac{\nu[\sigma]_к a h^2}{2}$	ah
Рисунок 14.19	0	–	$(a + s_5)h$
Рисунок 14.20	$p\frac{\nu D^2}{4}(e_2 - e_1 \operatorname{tg}\psi) + R_п e_3$	$\frac{\nu[\sigma]_к (a - d_б) h^2}{2}$	$(a - d_б)h$

Рис. 14.17. Сферические неотбортованные днища без укрепляющего кольца

Рис. 14.18. Сферическое неотбортованное днище с укрепляющим кольцом

Рис. 14.19. Сферическое неотборто- ванное днище с кольцом жесткости на обечайке

Рис. 14.2О. Сферическая неотбортованная крышка

Предварительно размеры кольца a и h подбирают из условий:

– для моделей по рис. 14.18, 14.19 $A_к = \frac{pD^2}{8\sigma_к}\operatorname{tg}\uparrow$;

– по рис. 14.2О $M < [M]$;

– по рис. 14.18 необходимо, чтобы e_1 имело минимальное значение.

При наружном давлении на крышку (см. рис. 14.2О) в формуле при определении M давление p следует принимать со знаком минус.

Если прокладка лежит на всей привалочной поверхности, в формуле при определении M для крышки (см. рис. 14.2О) e_3 = О.

14.k. .k. Сфериuесиие неотбортованные дни□а и ирышии, наrpyweнные нарywным давлением

Толщину стенки сферического сегмента днища или крышки предварительно вычисляют по формулам (14.18) — (14.2О) с последующей проверкой по формулам (14.25) — (14.27).

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_р}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_р}{[p]_E}\right)^2}}, \tag{14.25}$$

где $[p]_р$ — допускаемое наружное давление из условия прочности в центральной зоне.

$$[p]_р = \frac{2\sigma_1(s_1 - c)}{R_c + (s_1 - c)}, \tag{14.26}$$

$[p]_E$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости:

$$[p]_E = \frac{K_c}{И_у} E \left(\frac{s_1 - c}{R_c}\right)^2. \tag{14.27}$$

Коэффициент K_c определяют по табл. 14.18 в зависимости от параметра $R_c/(s_1 - c)$.

Таблица 14.18

Расчетные модели	Значение коэффициента K_c при отношении $R_c/(s_1 - c)$								
	25	5О	75	1ОО	15О	2ОО	25О	3ОО	35О и более
Днище (рис. 14.17–14.19)	О,33	О,19	О,17	О,15	О,13	О,12	О,12	О,11	О,11
Крышка (рис. 14.2О)	О,46	О,3О	О,25	О,22	О,19	О,17	О,16	О,13	О,12

14.3. РАС ЕТ МЛОСКИХ КРYГЛЫХ ДНИu И КРЫШЕК

14.3.1. ОБЛАСТЬ МРИМЕНЕНИЯ РАС ЕТНЫХ ФОРМYЛ

Формулы применимы для расчета плоских круглых днищ и крышек при условии:

$$\frac{s_1 - c}{D_р} \# 0,11.$$

Допускается проводить расчет при $\frac{s_1 - c}{D_р} \geq 0,11$, но значение допускаемого давления, рассчитанного по формуле (14.33) или (14.42), следует умножать на поправочный коэффициент:

$$K_р = \frac{2,2}{1 + \sqrt{1 + \left(6\frac{s_1 - c}{D_р}\right)^2}}. \tag{14.28}$$

Если при определении толщины днища по (14.29) и (14.35) в результате расчета окажется, что $\frac{s_1 - c}{D_р} \geq 0,11$, то необходимо дополнительно определить давление по (14.33) или (14.42) и умножить его на коэффициент $K_р$.

При $K_р[p] < p$ толщину днища следует увеличивать так, чтобы было выполнено условие:

$$K_р[p] \geq p.$$

Формулы для расчета плоских круглых днищ и крышек с радиальными ребрами жесткости применимы при следующих условиях:

$$\frac{D_p - d_0}{2h} \geq 5,0; \quad n \geq 6; \quad \frac{nA_p[\sigma]_p}{\pi D_p s_1[\sigma]} \leq 1,0; \quad \frac{4e_0^2}{A_p} \leq 10 \ .$$

14.3.k. Рас ет млоских кругльх днИu и крышек

Толщину плоских круглых днищ и крышек сосудов и аппаратов, работающих под внутренним избыточным или наружным давлением, вычисляют по формулам

$$s_1 \geq s_{1p} + c, \tag{14.29}$$

где

$$s_1 = KK_o D_p \sqrt{\frac{p}{\varphi 6 \sigma @}} \ . \tag{14.3O}$$

Коэффициент K в зависимости от конструкции днищ и крышек определяют по табл. 14.19.

Таблица 14.19

Тип	Рисунок	Условия закрепления днищ и крышек	K
1		$a \geq 1,7s$ $D_p = D$	O,53
2		$a \geq O,85s$ $D_p = D$	O,5O
3		$\frac{s-c}{s_1-c}$ 1 $0,25$ $\frac{s-c}{s_1-c}$ $ $0,25$ $D_p = D$	O,45 O,41
4		$\frac{s-c}{s_1-c}$ 1 $0,5$ $\frac{s-c}{s_1-c}$ $ $0,5$ $D_p = D$	O,41 O,38

5		$\frac{s-c}{s_1-c}$ 1 0,25 $\frac{s-c}{s_1-c}$ $ 0,25 $D_p = D$	O,45 O,41

Продолжение табл. 14.19

Тип	Рисунок	Условия закрепления днищ и крышек	K
6		$a \geq 1{,}85s$ $D_р = D$	0,50
7		$\frac{s-c}{s_1-c} \geq 0{,}5$ $\frac{s-c}{s_1-c} \leq 0{,}5$ $D_р = D$	0,41 0,38
8		$\frac{s-c}{s_1-c} \geq 0{,}5$ $\frac{s-c}{s_1-c} \leq 0{,}5$ $D_р = D$	0,41 0,38
9		$\max\{s;\ 0{,}25s_1\} \leq r \leq \min\{s_1;\ 0{,}1D\}$ $h_1 \geq r$ $D_р = D - 2r$	$K = \max\left\{0{,}41\left(1 - 0{,}23\frac{s-c}{s_1-c}\right);\ 0{,}35\right\}$
10		$\frac{s-c}{s_1-c} \geq 0{,}5$ $\frac{s-c}{s_1-c} \leq 0{,}5$ $D_р = D$ $0{,}25s_1 \leq r \leq s_1 - s_2$ $30° \leq \gamma \leq 90°$	0,41 0,38
11		$D_р = D_3$	0,40
12		$D_р = D_{с.п}$	0,41

K_o для днищ и крышек, имеющих одно отверстие, вычисляют по формуле

$$K_o = \sqrt{1 + \frac{d}{D_p} + c\frac{d}{D_p}m^2}. \qquad (14.31)$$

K_o для днищ и крышек, имеющих несколько отверстий, вычисляют по формуле

$$K_o = \sqrt{\frac{1 - d\frac{\sum d_i}{D_p}^3}{1 - d\frac{\sum d_i}{D_p}И}}. \qquad (14.32)$$

Коэффициент K_o определяют для наиболее ослабленного сечения. Максимальную сумму для длин хорд отверстий в наиболее ослабленном диаметральном сечении днища или крышки определяют согласно рис. 14.21*а* по формуле $\Sigma d_i = \max\{(d_1 + d_3); (b_2 + b_3)\}$.

Основные расчетные размеры отверстий указаны на рис. 14.21.

а)

б)

Рис. 14.21. Схема расположения отверстий на крышке

K_o для днищ и крышек без отверстий принимают равным 1,О.

Во всех случаях присоединения днища к обечайке минимальная толщина плоского круглого днища должна быть не менее толщины обечайки, вычисленной в соответствии с13.2.1.1.

Допускаемое давление на плоское днище или крышку вычисляют по формуле

$$[p] = \left(\frac{s_1 - c}{KK_oD_p}\right)^2 [\sigma]\varphi. \qquad (14.33)$$

Толщину s_2 для типов соединения 1О, 11 и 12 (см. табл. 14.19) вычисляют по формулам:

– для типа 1О:

$$s_2 \geq \max\left\{1{,}1s;\ \frac{s_1 - c}{D_p - 2r}\right\} + c,$$

– для типов 11, 12: (14.34)

$$s_2 \geq \max\left\{0{,}7(s_1 - c);\ (s_1 - c)\sqrt{2\frac{(D_p - D_2)D_2}{D_p^2}}\right\} + c.$$

14.3.3. Расчет плоских круглых крышек с дополнительным краевым моментом

Толщину плоских круглых крышек с дополнительным краевым моментом (рис. 14.22) под действием внутреннего давления вычисляют по формулам

$$s_1 \geq s_{1p} + c, \qquad (14.35)$$

где

$$s_{1p} = K_oK_бD_p\sqrt{\frac{p}{\varphi[\sigma]}}$$

. (14.36)

Рис. 14.22

Коэффициент $K_б$ вычисляют по формуле

$$K_б = 0,41\sqrt{\frac{1 + 3\uparrow b\frac{D_з}{D_{с.п}} - 1l}{\frac{D_з}{D_{с.п}}}} \qquad (14.37)$$

или по графику, приведенному на рис. 14.22 А, в зависимости от отношений $D_з/D_{с.п}$ и ψ.

Рис. 14.22 А

Значение ψ вычисляют по формуле

$$\uparrow = \frac{P^{р}_{б}}{Q_д}, \qquad (14.38)$$

где $Q_д = 0,785pD^2_{с.п}$, $P^{р}_{б}$, $P^{м}_{б}$ — определяют по ГОСТ 34233.4 для рабочих условий и условий монтажа.

Коэффициент $K_о$ вычисляют по формуле (14.31) или (14.32), если $\Sigma d_i \le 0,7D_р$; при этом отверстия для болтов в расчет не принимают.

Для крышки, имеющей паз для перегородки (например, камер теплообменника), значение коэффициента $K_б$ для определения толщины в месте паза (см. рис. 14.21 *а-б*) вычисляют с учетом усилия от сжатия прокладки в пазе по формуле

$$K_б = 0,41\sqrt{\frac{1 + 3\uparrow b\frac{D_з}{D_{с.п}} - 1l + 9,6\frac{D_з}{D_{с.п}}\frac{s_4}{D_{с.п}}}{\frac{D_з}{D_{с.п}}}}. \qquad (14.39)$$

Толщину плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом в месте уплотнения s_2 (рис. 14.21 *а-б*) вычисляют по формуле

$$s_2 \$ \max \cdot K_7\sqrt{U;\ \frac{0,6}{D_{с.п}}U1 + c}, \qquad (14.4O)$$

где

700 ($P^{р}$ $\frac{P^{м}}{}$ 2.

$$U = \max \left(\frac{6\,d@_{T}}{}; \; 6\,d@_{M} \right)$$

В формуле (14.4О) при определении Ф индекс «р» указывает на то, что величина суммарного болтового усилия $F_{б.р}$ и допускаемого напряжения для материала крышки относится к рабочему состоянию или испытаниям, а индекс «м» — состоянию монтажа.

Коэффициент K_7 вычисляют по формуле

$$K_7 = 0,8\sqrt{\frac{D_з}{D_{с.п}} - 1} \qquad (14.41)$$

или определяют по графику, приведенному на рис. 14.23 в зависимости от отношения диаметров.

Рис. 14.23

Толщину края плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом вне зоны уплотнения s_3 (рис. 14.21 *а*) вычисляют по формуле (14.4О), при этом в формулах (14.4О) и (14.41) вместо $D_{с.п}$ следует принять D_2.

Допускаемое давление для плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом при поверочных расчетах вычисляют по формуле

$$[p] = \left[\frac{s_1 - c}{K_о K_б D_р}\right]^2 [\sigma] \varphi . \qquad (14.42)$$

14.3.4. Днища и крышки плоские круглые с радиальными ребрами жесткости

Расчетные схемы днищ приведены на рис. 14.24–14.27.

Рис.14.24

Рис. 14.25

Рис. 14.26

Рис. 14.27

Для определения допускаемого избыточного давления предварительно определяют следующие параметры:
– расчетное расстояние от поверхности пластинки до нижнего торца втулки:

$$h_р = \min\left(h_3;\ 0{,}27\sqrt{d_о - t_в h_в}\right); \tag{14.43}$$

– расчетная высота втулки:

$$H_р = \min\left(H_1;\ h + s_1 + h_р\right); \tag{14.44}$$

– относительный радиус втулки:

$$\rho_о = \frac{d_о}{D_р}; \tag{14.45}$$

– расстояние от срединной поверхности пластины до нейтральной поверхности:

$$e_4 = \frac{\pi A_р \sigma_р}{2\nu D_р \sigma}. \tag{14.46}$$

Изгибающий момент для втулки вычисляют по формуле

$$M_1 = \frac{\sigma_в \varphi\left(t_в - c\right)}{d_о - t_в + c}\left(H_р - e_4 - h_р - \frac{s_1}{2}\right)^2 + \left(e_4 + h_р + \frac{s_1}{2}\right)^2. \tag{14.47}$$

Изгибающий момент для пластины вычисляют по формуле

$$M_т = \sigma\left(e_4^2 + \frac{\left(s_1 - c\right)^2}{4}\right). \tag{14.48}$$

Изгибающий момент для оребренной пластины вычисляют по формуле

$$M_2 = M_т + \frac{\sigma_р \varphi \pi A_р}{\nu d_о}\left(b - a + \frac{s_1 - c}{2}\right). \tag{14.49}$$

Обобщенный допускаемый изгибающий момент следует выбирать наименьшим из моментов M_1 и M_2:

$$M_о = \min\{M_1;\ M_2\}. \tag{14.50}$$

Суммарный изгибающий момент вычисляют по формуле

$$M_с = M_т(1 - \rho_о) + M_о \rho_о. \tag{14.51}$$

Если центральная втулка отсутствует ($\rho_о = 0$), а ребра пересекаются в центре или вместо втулки имеется сплошная бобышка, то суммарный изгибающий момент вычисляют по формуле:

$$M_с = M_т + \frac{\sigma_р \varphi \pi A_р}{\nu D_р}\left(b - a + \frac{s_1 - c}{2}\right). \tag{14.52}$$

Дополнительное усилие, действующее на центральную часть крышки (днища), должно соответствовать условию:

$$Q_0 \le 0{,}9\frac{2\mu M_с}{1 - \rho_о}. \tag{14.53}$$

Допускаемое избыточное давление, действующее на крышку (днище), вычисляют по формуле

$$[p] = \min\left\{[p_1];\ [p_2]\right\}, \tag{14.54}$$

где

$$[p_1] = \frac{12\sigma\left(2\mu M_с + Q_0\left(1 - \rho_о\right)\right)}{\mu D_с^2\left(1 - \rho_о^3\right)}. \tag{14.55}$$

Если направление действия усилия Q_0 совпадает с направлением действия давления, то в формуле для определения $[p_1]$ перед Q надо поставить знак минус.

$$[p_2] = \frac{12\sigma\left(s_1 - c\right)^2\left(1 + \sin\frac{\mu}{\pi}\right)}{\mu D^2 \sin\frac{\pi}{\pi}}. \tag{14.56}$$

14.4. РАС ЕТ КОНИ ЕСКИХ ОБЕ АЕК

14.4.1. Рас етные схемы и рас етные мараметры

На рис. 14.28 А–14.29 приведены расчетные схемы узлов конических обечаек.

Рис. 14.28 А. Соединение обечаек без тороидального перехода:
а — соединение конической и цилиндрической обечаек, *б* — соединение конической и цилиндрической обечаек с укрепляющим кольцом, *в* — соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра

Рис. 14.28 Б. Соединение обечаек с тороидальным переходом

Рис. 14.28 Д. Соединение кососимметричных обечаек

Рис. 14.28 В. Основные размеры конического перехода

Рис. 14.28. Коническая обечайка с кольцами жесткости

Рис. 14.29. Пологие конические днища: *а* — днище с тороидальным переходом, *б* — днище с укрепляющим кольцом, *в* — днище без тороидального перехода и укрепляющего кольца

Расчетные параметры

Расчетные длины переходных частей вычисляют по формулам:
– для конических и цилиндрических обечаек (см. рис. 14.28 А, *а*, *б*):

$$a_{1р} = 0,7\sqrt{\frac{D}{\cos a_1} \wedge s_1 - c}\,,$$

$$a_{2р} = 0,7\sqrt{D \wedge s_2 - c}\,;$$

– для конических и цилиндрических обечаек (см. рис. 14.28 В):

$$a_{1р} = 0,7\sqrt{\frac{D}{\cos a_1} \wedge s_т - c}\,,$$

$$a_{2р} = 0,5\sqrt{D \wedge s_т - c}\,;$$

– для цилиндрической обечайки или штуцера (см. рис. 14.28 А, *в*):

$$a_{2р} = 1,25\sqrt{D_1 \wedge s_2 - c}\,.$$

Расчетный диаметр гладкой конической обечайки вычисляют по формулам
– для конической обечайки без тороидального перехода (рис. 14.28 А):

$$D_к = D - 1,4a_1 \text{siИa}_1;$$

– для конической обечайки с тороидальным переходом (рис. 14.28 Б):

$$D_к = D - 2[r(1 - \cos a_1) + \text{O},7a_1 \text{siИa}_1];$$

для конических обечаек со ступенчатым изменением толщин стенки для второй и всех последующих частей за расчетный диаметр $D_к$ данной части обечайки принимают внутренний диаметр большего основания.

14.4.k. Область и условия мрименения рас етных формул

Расчетные формулы применимы при соотношении между толщиной стенки наружной обечайки и диаметром в пределах

$$0,001 \# \frac{s_1 \cos a_1}{D} \# 0,050 .$$

Выполнение такого условия для пологого конического днища (a_1 > 7О°) не требуется.

Расчетные формулы, приведенные в 14.4.3.1О, 14.4.4.2 и 14.4.5.1, применимы при условии, что расчетные температуры не превышают значений, при которых должна учитываться ползучесть металлов, т. е. при температурах, когда допускаемое напряжение определяется только по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности). Если точных данных не имеется, то формулы применимы при условии, что расчетная температура стенки обечайки из углеродистой стали не превышает 38О °С, из низколегированной стали — 48О °С и из аустенитной — 525 °С, для алюминия и его сплавов – 15О °С, для меди и ее сплавов – 25О °С, для титана и его сплавов – 3ОО °С.

Формулы не применимы для расчета на прочность конических переходов в местах крепления рубашки к корпусу. В этом случае расчет проводят по ГОСТ 34233.8.

Формулы не применимы, если расстояние между двумя соседними узлами обечаек менее суммы соответствующих расчетных длин обечаек или если расстояние от узлов до опорных элементов сосуда (за исключением юбочных опор и опорных колец) менее удвоенной расчетной длины обечайки по 14.4.1.

Расчетные формулы применимы при условии, что исполнительные длины переходных частей обечаек не менее расчетных длин a_1 и a_2.

Если это условие не выполнено, нужно провести проверку допускаемого давления, причем вместо s_1 и s_2 подставляют

– для соединения обечаек без тороидального перехода

$$s_{1э} = \max \$ \frac{a_1}{a_{1р}} s_1;\ s_к \cdot;\ \ s_{2э} = \max \$ \frac{a_2}{a_{2р}} s_2;\ s \cdot ;$$

– для соединения обечаек с тороидальным переходом при определении коэффициента β по формуле (14.72)

$$s_{1э} = \max \$ \frac{a_1}{a_{1р}} s_т;\ s_к \cdot;\ \ s_{2э} = \max \$ \frac{a_2}{a_{2р}} s_т;\ s \cdot ,$$

где $s_к$, s — фактические толщины стенок присоединенных обечаек (см. рис. 14.24 и 14.25).

Формулы узлов конических и цилиндрических обечаек без тороидального перехода применимы при условии выполнения углового шва с двусторонним сплошным проваром.

Исполнительную толщину стенки конического элемента в месте соединения двух обечаек s_1, s_2 или $s_т$ всегда принимают не менее толщины $s_к$, определяемой по 14.57 или 14.58, 14.4.4.1 или 14.4.4.2 и 14.4.3.5 для соответствующих нагрузок.

Исполнительная толщина стенки цилиндрического элемента в месте соединения двух обечаек должна быть не менее минимальной толщины стенки, определяемой по формулам раздела 13.2.1.

Расчет укрепления отверстий конических обечаек проводят в соответствии с ГОСТ 34233.3.

Расчет толщины стенок переходной части обечаек проводят либо методом последовательных приближений на основании предварительного подбора и последующей проверки для выбранных значений

$$\frac{D}{s_2 - c} \quad \text{и} \quad \frac{s_1 - c}{s_2 - c},$$

либо сразу с помощью диаграмм.

Если допускаемые напряжения материалов частей перехода отличаются друг от друга, то расчет по диаграммам проводят при использовании меньшего из них.

За допускаемое давление, осевую силу и изгибающий момент для конической обечайки принимают меньшее значение, полученное из условия прочности или устойчивости гладкой конической обечайки и из условия прочности переходной части.

Расчет применим также для кососимметричных обечаек, соединенных с цилиндрическими обечайками. Расчетные величины a_1, D и D_1 приведены на рис. 14.28 Д.

14.4.3. КонИ ескИе обе аňкИ, нагрухенные давленИем

14.4.3.1. Гладиие ониuесиие обеuайии, нагруwенные внутренним избытоuным давлением

Толщину стенки гладкой конической обечайки вычисляют по формуле

$$s_к \geq s_{к.р} + c, \tag{14.57}$$

где

$$s_{к.р} = \frac{pD_к}{2\varphi_р\ 6\sigma@ - p} \frac{1}{\cos a_1}. \tag{14.58}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]_{\text{к}}^{\text{t}}\varphi_{\text{р}}(s_{\text{к}} - c)}{\frac{D_{\text{к}}}{\cos\alpha_1} + (s_{\text{к}} - c)}. \qquad (14.59)$$

14.4.3.k. Гладиие ониисеиие обеиайии, нагрywенные нарywным давлением

Расчетные формулы применимы при условии $\alpha_1 \le 70°$.

Толщину стенки в первом приближении вычисляют по формулам с введением эффективных размеров с последующей проверкой по формуле (14.62).

$$s_{\text{к}} = s_{\text{к.р}} + c, \qquad (14.60)$$

где

$$s_{\text{к.р}} = \max\left(1{,}06\frac{10^{-2}D_E}{B_1}\left[\frac{p}{10^{-5}E}\frac{l_E}{D_E}\right]^{0,4}; \frac{1{,}2pD_{\text{К}}}{2\varphi_{\text{р}}[\sigma] - p}\frac{1}{\cos\alpha_1}\right). \qquad (14.61)$$

При предварительном определении толщины стенки в качестве расчетных l_E, D_E, B_1 принимают величины, определяемые по формулам (14.65) — (14.67).

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_{\text{п}}}{[p]_E}\right)^2}}, \qquad (14.62)$$

где допускаемое давление из условия прочности:

$$[p]_{\text{п}} = \frac{2[\sigma]_{\text{к}}^{\text{t}}(s_{\text{к}} - c)}{\frac{D_{\text{к}}}{\cos\alpha_1} + (s_{\text{к}} - c)} \qquad (14.63)$$

и допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

$$[p]_E = \frac{2{,}08 \cdot 10^{-5}E}{\text{И}_{\text{у}}}\left[\frac{D_E}{l_E}; \frac{100(s_{\text{к}} - c)}{D_E}\right]^{2,5}. \qquad (14.64)$$

Эффективные размеры конической обечайки вычисляют по формулам

$$l_E = \frac{D - D_1}{2\sin\alpha_1}, \qquad (14.65)$$

$$D_E = \max\left(\frac{D + D_1}{2\cos\alpha_1}; \frac{D}{\cos\alpha_1} - 0{,}31(D + D_1)\sqrt{\frac{D + D_1}{s_{\text{к}} - c}\,\text{tg}\alpha_1}\right). \qquad (14.66)$$

Значение коэффициента B_1 вычисляют по формуле:

$$B_1 = \min\left(1{,}0; 9{,}45\frac{D_E}{l_E}\sqrt{\frac{D_E}{100(s_{\text{к}} - c)}}\right). \qquad (14.67)$$

14.4.3.3. Соединение обеиайии бes тороидального херехода (см. рис. 14.k8 А, а)

Расчетные формулы применимы при условиях

$$\alpha_1 \le 70°; \ (s_1 - c) \ge (s_2 - c).$$

Если $(s_1 - c) \le (s_2 - c)$, то при поверочном расчете следует принимать

$$s_1 - c = s_2 - c.$$

Толщину стенки из условия прочности переходной зоны вычисляют по формулам:

$$s_{2\text{р}} = \frac{pD\beta_1}{2[\sigma]_2^{\text{t}}\varphi_{\text{р}} - p}, \qquad (14.68)$$

$$s_2 \geq s_{2p} + c. \qquad (14.69)$$

При определении β_1 коэффициент β вычисляют по формуле (14.72) или определяют по диаграмме (см. рис. 14.3О).

Рис. 14.3О. Диаграмма для определения коэффициента β при расчете толщин стенок переходов обечаек

Рис. 14.31. Диаграмма для определения коэффициента β при выполнении поверочного расчета

Расчет толщины стенки конического элемента перехода проводят с помощью отношения толщин стенок $\left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)$:

$$s_1 \geq \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right) s_{2p} + c. \qquad (14.70)$$

Коэффициент формы вычисляют по формуле

$$\beta_1 \geq \max\{0{,}5;\ \beta\}, \qquad (14.71)$$

где β определяют по формуле (14.72) или по рис. 14.30–14.31 при $s_2 - c = s_{2p}$ и допускаемом напряжении $[\sigma] = \min([\sigma]_1; [\sigma]_2)$.

$$\beta = 0{,}4\sqrt{\frac{D}{s_2 - c}}\ \frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{1 + \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)^2}{2\cos\alpha_1}}\left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)} - 0{,}25. \qquad (14.72)$$

Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление $[p]$ из условия прочности переходной части вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]_2 \varphi_p (s_2 - c)}{D\beta_1 + (s_2 - c)}, \qquad (14.73)$$

где коэффициент β_1 определяют по (14.71).

14.4.3.4. Соединение конической обечайки с укрепляющим кольцом (см. рис. 14.28 А, б — 14.28)

Формулы применимы при условиях:

$$\alpha_1 \leq 70°$$

при соединении с цилиндрической обечайкой (см. рис. 14.28А-*б*):

$$(s_1 - c) > (s_2 - c).$$

Если $(s_1 - c) < (s_2 - c)$, то при поверочном расчете следует принимать $s_1 - c = s_2 - c$.

Расчет применим только при отсутствии изгибающего момента на кольце.

Площадь поперечного сечения укрепляющего кольца вычисляют по формуле

– при соединении по рис. 14.28 А, *б*.

$$A_к = \frac{pD^2 \operatorname{tg}\alpha_1}{8[\sigma]_к \varphi_к}\left(1 - \frac{\beta_а + 0{,}25}{\beta + 0{,}25}\right), \qquad (14.74)$$

где

$$\beta_а = \left(\frac{2[\sigma]_2 \varphi_т}{p} - 1\right)\frac{(s_2 - c)}{D}. \qquad (14.75)$$

Коэффициент β определяют либо по формуле (14.72), либо по диаграмме (см. рис. 14.31).

При $A_к \leq 0$ укрепление кольцом жесткости не требуется;

– при соединении по рис. 14.28:

$$A_к = \frac{pD^2 \operatorname{tg}\alpha_1}{8[\sigma]_к \varphi_к}. \qquad (14.76)$$

В случаях действия нагрузки от наружного давления или осевой сжимающей силы, или изгибающего момента сварной шов стыкового соединения кольца должен быть проварен непрерывным швом. При определении площади поперечного сечения $A_к$ следует учитывать также сечение стенок обечаек, расположенное между наружными швами кольца и обечаек.

Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части вычисляют по формулам:

– при соединении по рис. 14.28 А, *б*:

$$[p] = \frac{2[\sigma]_2 \varphi_p (s_2 - c)}{D\beta_2 + (s_2 - c)}; \qquad (14.77)$$

– при соединении по рис. 14.28:

$$[p] = A_к \frac{8[\sigma]_к \varphi_к}{D^2 \operatorname{tg}\alpha_1}. \qquad (14.77а)$$

Общий коэффициент формы для переходной части равен:

$$\beta_2 = \max\{O,5;\ \beta_o\}, \tag{14.78}$$

$$\beta_0 = \frac{0,4\sqrt{\frac{D}{s_2 - c}}\,\mathrm{tg}\alpha_1 - B_3 > 1 + \sqrt{\frac{1 + x`\frac{s_1 - c}{s_2 - c}j^2}{2\cos\alpha_1}x`\frac{s_1 - c}{s_2 - c}j^{\#}}}{B_2 + `1 + \sqrt{\frac{1 + x`\frac{s_1 - c}{s_2 - c}j^2}{2\cos\alpha_1}x`\frac{s_1 - c}{s_2 - c}j^{\#}}}. \tag{14.79}$$

B_2 и B_3 вычисляют по формулам

$$B_2 = \frac{1,6A_к}{\wedge s_2 - ch\sqrt{D\wedge s_2 - ch}}\ \frac{6\sigma@_к\varphi_к}{6\sigma@_2\varphi_т},\quad B_3 = 0,25. \tag{14.8O}$$

Проверка прочности сварного шва укрепляющего кольца

$$/t_j\ \$\ \frac{4A_к}{D}, \tag{14.81}$$

где Σt_j — сумма всех эффективных ширин несущих сварных швов между укрепляющим кольцом и обечайкой (см. рис. 14.28 А, *б*).

У прерывистого сварного шва действительная его ширина уменьшается в отношении длин сварного шва и всего периметра обечайки. Расстояние между концами прерывистых сварных швов должно быть не более восьми толщин стенки обечайки и сумма всех длин сварных швов не менее половины длины контура кольца.

14.4.3. . Соединение обеuаеи с тороидальным хереходом (см. рис. 14.k8 А, в)

Расчетные формулы применимы при условиях:

$$\alpha_1\ \#\ 70c;0\ \#\ \frac{r}{D}\ 1\ 0,3.$$

Толщину стенки переходной части вычисляют по формуле

$$s_т \geq s_{т.р} + c, \tag{14.82}$$

где

$$s_{т\,р} = \frac{pD\beta_3}{2\varphi_р\,6\sigma@ - p}. \tag{14.83}$$

β_3 определяют по (14.85).

Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части

$$6\,p@ = \frac{2\sigma\varphi_р\wedge s_т - ch}{D\beta_3 + \wedge s_т - ch}. \tag{14.84}$$

Коэффициент β_3 вычисляют по формуле (14.85), β и $\beta_т$ — по формулам (14.72) и (14.86) или определяют по диаграммам, приведенным на рис. 14.31, 14.33.

β_3 равен:

$$\beta_3 = \max\{O,5;\ \beta \cdot \beta_т\}, \tag{14.85}$$

где β вычисляют по формуле (14.72) или определяют по диаграмме, приведенной на рис. 14.31.

$$| = 1\ \text{и}\ `\frac{s_1 - c}{s_2 - c}j = 1.$$

Коэффициент $\beta_т$ вычисляют по формуле (14.86) или определяют по диаграмме, приведенной на рис. 14.33:

$$\beta_т = \frac{1}{\frac{0,028\alpha_1\frac{r}{D}\sqrt{\frac{D}{s_т - c}}}{1}}. \tag{14.86}$$

$$1+\frac{}{\sqrt{\cos a_1}}+1$$

Рис. 14.32. Диаграмма для определения коэффициента $\beta_т$ при расчете толщин стенок — переходов обечаек

Рис. 14.33. Диаграмма для определения коэффициента $\beta_т$ при выполнении поверочного расчета

14.4.3.6. Соединение штуцера или внутреннего цилиндрического корпуса с конической обечайкой (рис. 14.k8 А, в)

Формулы применимы при выполнении условия

$$\alpha_1 \le 70°.$$

Толщину стенки вычисляют по формуле

$$s_2 \ge s_{2р} + c, \tag{14.87}$$

где

$$s_{2р} = \frac{pD_1\beta_4}{2\varphi_р[\sigma] - p}. \tag{14.88}$$

Коэффициент β_4 определяют по (14.91).

Расчет толщины стенки конического элемента переходной части проводят с помощью отношения толщин стенок

$$s_1 \ge \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right) s_{2р} + c. \tag{14.89}$$

Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]_2\varphi_р(s_2 - c)}{D_1\beta_4 + (s_2 - c)}. \tag{14.90}$$

Коэффициент формы равен

$$\beta_4 = \max\{1{,}0; \beta_н\}, \tag{14.91}$$

где

$$\beta_н = \beta + 0{,}75 \text{ при } \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)^2 \le 1, \tag{14.92}$$

β вычисляют по формуле (14.72) с заменой D на D_1:

при $\left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)^2 > 1$

$$\beta_н = 0{,}4\sqrt{\frac{D}{s_2 - c}}\,\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)\sqrt{\frac{s_1 - c}{(s_2 - c)\cos\alpha_1}} + \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)^2}{2}}} + 0{,}5. \tag{14.93}$$

$\beta_н$ можно в обоих случаях определить также по диаграммам, приведенным на рис. 14.34 и 14.35 при $D = D_1$ и $s_2 - c = s_{2р}$.

14.4.3.7. Молоное коническое днище с тороидальным переходом (см. рис. 14.29а)

Формулы применимы для действия внутреннего избыточного давления при выполнении условия $\alpha_1 > 70°$.

Толщину стенки принимают

$$s' \ge \min\{\max\{s_к; s_т\}; s'_р + c\}; \tag{14.94}$$

$$s'_р = 0{,}3(D - r)\frac{\alpha_1}{90}\sqrt{\frac{p}{[\sigma]\varphi}}, \tag{14.95}$$

где $s_к$ определяют по (14.57) при $D_к = D$ и $s_т$ по (14.82).

Допускаемое внутреннее избыточное давление принимают как большее из значения

$$[p] \ge [p]_к = \frac{(s' - c)}{90c}F^2 \tag{14.96}$$

$$p = \varphi\,\sigma_{0,3}\,\hat{}\,D - rh\;a_1$$

и меньшего из значений [p], определяемых по (14.57) при $s_к = s'$ и (14.82) при $s_т = s'$.

Рис. 14.33. Диаграмма для определения коэффициента $\beta_т$ при выполнении поверочного расчета

Рис. 14.34. Диаграмма для определения коэффициента $\beta_н$ при расчете толщин стенок переходов обечаек

Рис. 14.35. Диаграмма для определения коэффициента $\beta_н$ при выполнении поверочного расчета

14.4.3.8. МолоГое иониЧесиое дни□е с уирехляю□им иольцом (см. рис. 14.k9 б)

Формулы применимы для действия внутреннего избыточного давления при выполнении условий:

$$a_1 > 7O°;\ s' = s_к.$$

Толщину стенки конического днища определяют по (14.57) при $D_к = D$.

Площадь поперечного сечения укрепляющего кольца определяют по(14.74), в котором при определении β следует принять $(s_1 - c) = O$.

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяют для конического днища по (14.59) при $D_к = D$ и для укрепляющего кольца по (14.77 и 14.77а), в котором при определении β_2 следует принять $(s_1 - c) = O$. Расчет применим при соблюдении требований (14.81).

14.4.3.9. МолоГое иониЧесиое дни□е бes тороидального херехода и бes уирехляю□еГо иольца (см. рис. 14.k9в)

Формулы применимы для действия внутреннего избыточного давления при выполнении условия $a_1 > 7O°$.

Толщину стенки принимают:

$$s' \geq miИ\{max\{s_к; s_1\}; s'_р + c\}, \qquad (14.97)$$

$s'_р$ — вычисляют по формуле (14.95) при $r = O$; $s_к$ вычисляют по (14.57) при $D_к = D$; s_1 — вычисляют по 14.4.3.3.

Допускаемое внутреннее избыточное давление принимают как большее из значения [p], определяемого по формуле (14.96) при $r = O$, и меньшее из значений [p], определяемых по 14.4.3.1 при $s_к = s'$ и $D_к = D$ и по 14.4.3.3.

14.4.3.10. МолоГое иониЧесиое дни□е, наГруЖенное наруЖным давлением

Формулы применимы для действия наружного давления при условии:

$$a_1 > 7O°.$$

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле (14.62), допускаемое давление в пределах пластичности по формуле (14.63) и допускаемое давление в пределах упругости вычисляют по формуле

$$[p]_E = \frac{4EK}{И_у};\ \frac{(s_1 - c)}{D_к}\Big)^2 \cos^2 a_1, \qquad (14.98)$$

где

$$K = miИ\left(0,36;\ max\left(\frac{0,13 + 5}{3 - 4};\ 0,12\right)^2\right); \qquad (14.99)$$

$$3 = \frac{D_к}{2(s_1 - c)\cos a_1}. \qquad (14.1OO)$$

14.4.4. КонИ ЕСКИЕ ОБЕ АŇКИ, НАГРУХЕННЫЕ ОСЕВЫМИ УСИЛИЯМИ

14.4.4.1. Гладиие иониЧесиие обеЧайии, наГруЖенные осевой растяГиваю□ей силой

Толщину стенки вычисляют по формуле

$$s_к \geq s_{к.р} + c, \qquad (14.1O1)$$

где

$$s_{к.р} = \frac{F}{\pi D_1 \varphi_т [\sigma]} \frac{1}{\cos a_1}. \qquad (14.1O2)$$

Допускаемую растягивающую силу вычисляют по формуле

$$[F] = \pi D_1 (s_к - c) \varphi_т [\sigma] \cos a_1. \qquad (14.1O2а)$$

14.4.4.k. Гладиие иониесиие обеиайии, нагрyweнные осевой cwимаю□ей силой

Расчетные формулы применимы при условии

$$a_1 \le 7O°.$$

Допускаемую осевую сжимающую силу [*F*] вычисляют по формуле

$$[F] = \min\left\{ \frac{[F]_п}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_п}{[F]_E}\right)^2}}; \frac{D_1}{D_F}[F]_п \right\}, \tag{14.1O3}$$

где допускаемую осевую силу из условия прочности вычисляют по формуле

$$[F]_п = \pi D_F (s_к - c)[\sigma] \cos a_1 \tag{14.1O4}$$

и допускаемую осевую силу из условия устойчивости в пределах упругости вычисляют по формуле

$$[F]_E = \frac{31,0 \cdot 10^{-5} E}{И_у} (D_F \cos a_1)^2 \cdot \left(\frac{100(s_к - c)}{D_F}\right)^{2,5}, \tag{14.1O5}$$

где

$$D_F = \frac{0,9D + 0,1D_1}{\cos a_1}. \tag{14.1O6}$$

14.4.4.3. Соединение обеиаеи без тороидального херехода (см. рис. 14.k8 А, а)

Формулы применимы при выполнении условий 14.4.3.3.

Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу [*F*] из условия прочности переходной части вычисляют по формуле

$$[F] = \pi D \frac{(s_2 - c)[\sigma]_2 \varphi_т}{\beta_5}, \tag{14.1O7}$$

где

$$\beta_5 = \max\{1,O; (2\beta + 1,2)\}. \tag{14.1O8}$$

β вычисляют по формуле (14.72) или определяют по диаграмме, приведенной на рис. 14.29.

14.4.4.4. Соединение иониесиой и цилиндриесиой обеиаеи с уирехляю□им иольцом (см. рис. 14.k8 А, б).

Формулы применимы при выполнении условий 14.4.3.4.

Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу [*F*] из условия прочности переходной части вычисляют по формуле

$$[F] = \pi D \frac{(s_2 - c)[\sigma]_2 \varphi_т}{\beta_6}, \tag{14.1O9}$$

где

$$\beta_6 = \max\{1,O; 2\beta_O\}. \tag{14.11O}$$

Коэффициент β_O определяют по формуле (14.79), в которой следует принять B_3 = –O,35.

Проверку сварного шва укрепляющего кольца выполняют по (14.81).

14.4.4.5. Соединение обечаек с тороидальным переходом (см. рис. 14.28 Б)

Формулы применимы при выполнении условий 14.4.3.5.

Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу [*F*] из условия прочности переходной части вычисляют по формуле

$$[F] = \pi D \frac{(s_т - c)[\sigma] \varphi_т}{\beta_7}, \tag{14.111}$$

где

$$\beta_7 = \max\{1,O; \beta_т (2\beta + 1,2)\}. \tag{14.112}$$

Коэффициенты β и $\beta_т$ вычисляют по формулам (14.72) и (14.86) или определяют по диаграммам, приведен-

ным на рис. 14.31 и 14.32.

14.4.4.6. Соединение штуцера или внутреннего цилиндриuесиоrо иорхуса с иониuесиой обеuайиой (см. рис. 14.k8 А,в)

Формулы применимы при выполнении условия 14.4.3.6.

Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу [F] из условия прочности переходной части вычисляют по формуле

$$[F] = uD_1 \frac{[s_2] - c_h - \sigma_{t2}\varphi_т}{\beta_8}, \qquad (14.113)$$

где

$$\beta_8 = \max\{1{,}O;\ (2\beta_н - 1)\}. \qquad (14.114)$$

$\beta_н$ вычисляют по формулам (14.93) или (14.92) или определяют по диаграмме, приведенной на рис. 14.35.

14.4. . Кони еские обе аÑки, нагрухенные изгибаЮuим моментом

14.4. 1. Дохусиаемый isrибаю□ий момент выuисляют хо формулам

– из условия прочности

$$[M] = \frac{D_р}{4}[F], \qquad (14.115)$$

где $D_р = D_1$ для конического перехода (рис.14.28 В); [F] вычисляют по формуле (14.1О2).

– из условия устойчивости

$$[M] = \frac{[M]_п}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_п}{[M]_E}\right)^2}}, \qquad (14.116)$$

где

$$[M]_п = \frac{D_F}{4}[F]_п; \qquad (14.117)$$

$$[M]_E = \frac{D_F}{3{,}5}[F]_E \qquad (14.118)$$

и D_F вычисляют по формуле (14.1О6).

Допускаемые осевые силы $[F]_п$ и $[F]_E$ вычисляют по (14.1О3) и (14.1О4).

14.4.5.2. Соединения обечаек

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности переходной части вычисляют по формуле

$$[M] = \frac{D}{4}[F], \qquad (14.119)$$

где допускаемую осевую силу [F] вычисляют по формулам (14.1О7), (14.1О9), (14.111) и (14.113). При вычислении [F] по формуле (14.113) в формуле (14.119) следует принять D_1 вместо D.

14.4.6. Сочетания нагрузок

14.4.6.1. Условия применения формул

Если коническая обечайка нагружена давлением, осевой силой и изгибающим моментом и сумма эквивалентных давлений от этих нагрузок, вычисляемых по формулам:

$$p_F = \frac{4F}{uD_р^2};\quad p_M = \frac{16F}{uD_р^3}, \qquad (14.12О)$$

составляет менее 1О % рабочего давления, то коническую обечайку рассчитывают только на действие давления. Такую проверку следует проводить как для гладкой конической обечайки, так и для ее тороидальных переходных частей у большего или меньшего основания, если они есть.

14.4.6.k. Расчет хри совместном действии нагрузои

Если условие 14.4.6.1 не выполнено для гладкой обечайки или хоть одной из переходных частей, то производят расчет при совместном действии нагрузок по (14.121, 14.122) и (14.123). При проверке прочности или устойчивости для совместного действия нагрузок в формулах (14.121) и (14.123) для расчетного наружного давления подставляют минус p, а для осевой сжимающей силы минус F. Изгибающий момент M всегда принимают со знаком плюс.

Гладкие конические обечайки

В случае совместного действия нагрузок необходимо проверять условия устойчивости по формуле

$$-\frac{p}{6\,p@} - 6\frac{F}{I@} + \frac{M}{6\,M@} \# 1. \qquad (14.121)$$

Кроме того, должна быть выполнена проверка прочности и устойчивости от отдельных нагрузок

$$|\,p\,| \# 6\,p@;\ |\,F\,| \# 6\,F@;\ M \# 6\,M@. \qquad (14.122)$$

Допускаемые нагрузки [p], [F], [M] определяют по (14.62),(14.1О3) и (14.115). Проверку проводят, если не выполнено условие (14.12О), хотя бы для одного из расчетных диаметров конической обечайки.

При внутреннем давлении в формуле (14.121) следует принять p = О.

Переходные части конических обечаек

Кроме проверки условий от отдельных нагрузок по формулам (166), необходимо проверить выполнение условия

$$\left|\frac{p}{6\,p@} + \frac{F}{6\,F@}\right| + \frac{M}{6M@} \# 1, \qquad (14.123)$$

где [p], [F], [M] — допускаемые нагрузки для переходной части обечайки. Проверку проводят, если не выполнено условие 14.4.6.1 при $D_р = D$.

14. . УЗЛЫ СОМРЯХЕНИЯ ОБОЛО ЕК

В реальных конструкциях машин и аппаратов края оболочек прикрепляются к другим оболочкам (часто иных профиля и толщины) или к соответствующим деталям (фланцы, трубные решетки и т. п.). В таких узлах сопряжения возникают дополнительные, так называемые краевые нагрузки, вызывающие местные напряжения изгиба в материале сопрягаемых элементов. Краевая сила $Q_О$ и краевой момент $M_О$ являются реакциями заделки края оболочки, которому мешает свободно деформироваться сопрягаемая деталь с иными возможностями для перемещений под действием внешних нагрузок.

Различные возможности для деформаций у сопрягаемых элементов, являющиеся причиной появления краевых нагрузок по контуру сопряжения, могут быть вызваны: 1) заделкой края оболочки (рис. 14.35); 2) изменением геометрических размеров (формы) оболочки при переходе от одного сечения к другому (рис. 14.36); 3) изменением нагрузки при переходе от одного сечения к другому (рис. 14.37); 4) изменением свойств материала (модуля упругости, коэффициента линейного расширения, коэффициента Пуассона μ и др.) при переходе от одного сечения к другому (рис. 14.38).

Для определения $Q_О$ и $M_О$ составляются так называемые уравнения совместности радиальных и угловых деформаций. Сущность этих уравнений заключается в том, что для нормальной работы машины или аппарата в узле сопряжений не должно быть никаких относительных перемещений сопрягаемых деталей. Другими словами, необходимо выполнение условий, когда суммы радиальных и угловых деформаций края одной детали от действующих внешних и краевых нагрузок равны соответствующим суммам радиальных и угловых деформаций края другой детали от действующих на нее активных и реактивных нагрузок.

Для удобства понимания и наглядности составим эти уравнения для конкретного случая — узла сопряжения сферической и цилиндрической оболочек (рис. 14.39, *а*) находящихся под действием внутреннего давления. Мысленно рассечем узел плоскостью, нормальной к оси симметрии оболочек, так что образуемая вследствие этого основная (статически определимая) система представляется состоящей из двух оболочек (рис. 14.39, *б*).

К оболочкам прикладывается заданная внешняя нагрузка (внутреннее давление p), распорная сила Q, действующая на край сферической оболочки, а также искомые неизвестные краевые нагрузки $Q_О$ и $M_О$.

Рис.14.35. Примеры соединения края оболочки: *а* — с толстым (недеформируемым) плоским днищем; *б* — с трубной решеткой теплообменника; *в* — с фланцем; *г* — с кольцом жесткости

Рис.14.36. Примеры изменения геометрических размеров оболочек: *а* — соединение цилиндрических обечаек разной толщины; *б, в* — соединение обечаек одинаковой толщины разной формы; *г* — соединение оболочки с пластинкой, имеющей одинаковую толщину

Рис.14.37. Примеры изменения нагрузок, действующих на оболочки: *а* — соединение корпуса аппарата с его рубашкой; *б* — соединение оболочки с опорными устройствами

Рис.14.38. Соединение оболочек, изготовленных из коррозионностойкой (*1*) и углеродистой (*2*) сталей

Рис.14.39. Схема к определению краевых сил и моментов: *а* – соединение сферической и цилиндрической оболочек; *б* — расчетная схема; U и U_C — меридиональные усилия соответственно цилиндрической и сферической оболочек

Приняв для края оболочки положительными радиальные перемещения Δ в направлении от ее оси, а угловые перемещения θ в направлении по часовой стрелке, получим с учетом этого правила знаков для правой части оболочек на рис. 14.39, *б* уравнения совместимости радиальных и угловых деформаций:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_p^{ц} - \Delta_{Q_0}^{ц} + \Delta_{M_0}^{ц} &= \Delta_p^{c} + \Delta_{(Q_0-Q)}^{c} + \Delta_{M_0}^{c}; \\ \theta_p^{ц} - \theta_{Q_0}^{ц} + \theta_{M_0}^{ц} &= -\theta_p^{c} - \theta_{(Q_0-Q)}^{c} - \theta_{M_0}^{c}, \end{aligned}\right\}, \tag{14.124}$$

где $\Delta_p^{ц}$, $\Delta_{Q_0}^{ц}$, $\Delta_{M_0}^{ц}$, $\theta_p^{ц}$, $\theta_{Q_0}^{ц}$, $\theta_{M_0}^{ц}$ — соответственно радиальные и угловые деформации края цилиндрической обечайки под действием нагрузок p, Q_0 и M_0; Δ_p^{c}, $\Delta_{(Q_0-Q)}^{c}$, $\Delta_{M_0}^{c}$; θ_p^{c}, $\theta_{(Q_0-Q)}^{c}$, $\theta_{M_0}^{c}$ — соответственно радиальные и угловые деформации сферической оболочки под действием нагрузок p, Q, Q_O и M_O.

В случае, если нагруженная цилиндрическая оболочка жестко защемлена в недеформирующейся детали (например, во фланце большой толщины), то эти уравнения упрощаются и с учетом того же правила знаков принимают вид:

$$\Delta_p^{ц} - \Delta_{Q_0}^{ц} + \Delta_{M_0}^{ц} = 0; \tag{14.125}$$

$$\theta_p^{ц} - \theta_{Q_0}^{ц} + \theta_{M_0}^{ц} = 0. \tag{14.126}$$

Если же оболочка шарнирно соединяется с недеформируемой деталью (например, прокладочное соединение), то M_O = O, тогда необходимость в составлении второго уравнения (14.126) отпадает и для нахождения Q_O достаточно одного уравнения (14.125), принимающего вид:

$$D_p^{ц} - D_{Q_0}^{ц} = 0\,. \tag{14.127}$$

Деформация, а следовательно, и напряжения изгиба от действия краевых нагрузок носят локальный характер и имеют существенную величину лишь в окрестности непосредственного действия нагрузок.

Сечения обечаек, отстоящие от края на расстоянии $x \geq \pi / (2{,}5\beta)$, можно считать практически бесконечно удаленными от него, и действием Q_O и M_O на эти сечения можно пренебречь. Коэффициент β называется коэффициентом затухания деформации вдоль образующейся оболочки и определяется по формулам, представленным в табл. 14.2О.

Выражения для вычисления перемещений (Δ, θ), усилий (U, T, P), моментов (M_m, M_t, M_r) и напряжений на краю цилиндрических, сферических, конических и эллиптических оболочек даны в табл. 14.2О и на краю плоских днищ (крышек) — в табл. 14.21.

Напряжения на наружной и внутренней поверхностях края оболочки [1]: –

меридиональное

$$\sigma_{m0} = \frac{\Sigma U}{s-c} \pm 6\,\frac{\Sigma M_m}{(s-c)^2} \text{ или } \sigma_{m0} = \sigma_{m0}^{p} + \sigma_{m0}^{(Q_0-Q)} + \sigma_{m0}^{M_0}; \tag{14.128}$$

– кольцевое

$$\sigma_{t0} = \frac{\Sigma T}{s-c} \pm 6\,\frac{\Sigma M_t}{(s-c)^2} \text{ или } \sigma_{t0} = \sigma_{t0}^{p} + \sigma_{t0}^{(Q_0-Q)} + \sigma_{t0}^{M_0}; \tag{14.129}$$

– максимальное

$$\sigma_{\max} = \max\{\sigma_{m0};\ \sigma_{t0}\}, \tag{14.13О}$$

где ΣU, ΣT — соответственно сумма меридиональных и сумма тангенциальных (кольцевых) усилий, возникающих на краю обечайки от действия давления p, краевой Q_O и распорной Q сил, краевого момента M_O;

[1] При направлении действия нагрузок, противоположном указанному в табл. 14.2О и 14.21, знак перед Δ, θ, σ в формулах (14.128) —

(14.134) следует изменить на обратный.

Таблица 14.20

Формулы для определения нагрузок, перемещений и напряжений на краю оболочек

Нагрузка	Усилие		Момент		Перемещение		Напряжение		Примечание
	меридиональное U	кольцевое T	меридиональный M_m	кольцевой M_t	радиальное Δ	угловое θ	меридиональное σ_{m0}	кольцевое σ_{t0}	
	0	$2\beta R Q_0$	0	0	$\frac{2\beta R^2}{E(s-c)} Q_0$	$\frac{2\beta^2 R^2}{E(s-c)} Q_0$	0	$\frac{2\beta R}{s-c} Q_0$	$\beta = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(s-c)}}$
	0	$2\beta^2 R M_0$	M_0	μM_0	$\frac{2\beta^2 R^2}{E(s-c)} M_0$	$\frac{4\beta^3 R^2}{E(s-c)} M_0$	$\pm \frac{6M_0}{(s-c)^2}$	$\frac{2\beta^2 R M_0}{s-c} \pm \frac{6\mu M_0}{(s-c)^2}$	
	$\frac{p_p R}{2}$	$p_p R$	0	0	$\frac{(2-\mu) R^2}{2E(s-c)} p_p$	0	$\frac{p_p R}{2(s-c)}$	$\frac{p_p R}{s-c}$	
	0	$p_p R$	0	0	$\frac{R^2}{E(s-c)} p_p$	0	0	$\frac{p_p R}{s-c}$	
	$(Q_0-Q)\cos\varphi_0$	$2\beta_c(Q_0-Q)\times$ $\times R_c \sin\varphi_0$	0	0	$\frac{\beta_c R_c^2 \sin^2\varphi_0 \times (1+k_{10}k_{20})(Q_0-Q)}{E(s_c-c)k_{10}}$	$\frac{2\beta_c^2 R_c^2 \sin\varphi_0}{E(s_c-c)k_{10}} (Q_0-Q)$	$\frac{(Q_0-Q)\cos\varphi_0}{s_c-c}$	$\frac{2\beta_c R_c (Q_0-Q)\sin\varphi_0}{s_c-c}$	$Q = \frac{p_p R_c}{2}\cos\varphi_0$; $\beta = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R_c(s_c-c)}}$; $k_{10} = 1 - \frac{1-2\mu}{2\beta_c R_c}\operatorname{ctg}\varphi_0$; $k_{20} = 1 - \frac{1+2\mu}{2\beta_c R_c}\operatorname{ctg}\varphi_0$
	0	$\frac{2\beta_c^2}{R} M_0$	M_0	μM_0	$\frac{2\beta_c^2 \sin\varphi_0 R_c^2}{E(s_c-c)k_{10}} M_0$	$\frac{4\beta_c^3 R_c^2}{E(s_c-c)k_{10}} M_0$	$\pm \frac{6M_0}{(s_c-c)^2}$	$\frac{2\beta_c^2 R_c M_0}{s_c-c} \pm \frac{6\mu M_0}{(s_c-c)^2}$	
	$\frac{p_p R}{2}$	$\frac{p_p R}{2}$	0	0	$\frac{(1-\mu) R_c^2 \sin\varphi_0}{2E(s_c-c)} p_p$	0	$\frac{p_p R_c}{2(s_c-c)}$	$\frac{p_p R_c}{2(s_c-c)}$	

Продолжение табл. 14.20

Нагрузка	Усилие		Момент		Перемещение		Напряжение		Примечание
	меридиональное U	кольцевое T	меридиональный M_m	кольцевой M_t	радиальное Δ	угловое θ	меридиональное σ_{m0}	кольцевое σ_{t0}	
	$(Q_0-Q)\sin\alpha$	$2\beta_к R(Q_0-Q)$	0	0	$\frac{2\beta_к R^2(Q_0-Q)}{E(s_к-c)}$	$\frac{2\beta_к^2 R^2(Q_0-Q)}{E(s_к-c)\cos\alpha}$	$\frac{\sin\alpha(Q_0-Q)}{s_к-c}$	$\frac{2\beta_к R(Q_0-Q)}{s_к-c}$	$Q=\frac{p_р R}{2}\operatorname{tg}\alpha;$ $\beta_к=\frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(s_к-c)/\cos}}$
	0	$\frac{2\beta_к^2 R M_0}{\cos\alpha}$	M_0	μM_0	$\frac{2\beta_к^2 R^2}{E(s_к-c)\cos\alpha}M_0$	$\frac{4\beta_к^3 R^2}{E(s_к-c)\cos^2\alpha}M_0$	$\pm\frac{6M_0}{(s_к-c)^2}$	$\frac{2\beta_к^2 R M_0}{(s_к-c)\cos\alpha}\pm\pm\frac{6\mu M_0}{(s_к-c)^2}$	
	$\frac{p_р R}{2\cos\alpha}$	$\frac{p_р R}{\cos\alpha}$	0	0	$\frac{(2-\mu)R^2 p_р}{2E(s_к-c)\cos\alpha}$	$\frac{3R\sin\alpha}{2E(s_к-c)\cos^2\alpha}p_р$	$\frac{p_р R}{2(s_к-c)\cos\alpha}$	$\frac{p_р R}{(s_к-c)\cos\alpha}$	
	0	$\frac{p_р R}{\cos\alpha}$	0	0	$\frac{R^2}{E(s_к-c)\cos\alpha}p_р$	$\frac{2R\sin\alpha}{E(s_к-c)\cos^2\alpha}p_р$	0	$\frac{p_р R}{(s_к-c)\cos\alpha}$	
	$\frac{p_р R\times\left(1-\frac{R_0^2}{R^2}\right)}{2\cos\alpha}$	$\frac{p_р R}{\cos\alpha}$	0	0	$\frac{R^2\left(2-\mu+\mu\frac{R_0^2}{R^2}\right)}{2E(s_к-c)\cos\alpha}p_р$	$\frac{R\sin\alpha\left(3+\frac{R_0^2}{R^2}\right)}{2E(s_к-c)\cos^2\alpha}p_р$	$\frac{p_р R\left(1-\frac{R_0^2}{R^2}\right)}{2(s_к-c)\cos\alpha}$	$\frac{p_р R}{(s_к-c)\cos\alpha}$	

Продолжение табл. 14.20

Нагрузка	Усилие		Момент		Перемещение		Напряжение		Примечание
	меридиональное U	кольцевое T	меридиональный M_m	кольцевой M_t	радиальное Δ	угловое θ	меридиональное σ_{m_0}	кольцевое σ_{t_0}	
	$(Q_0-Q)\sin\alpha$	$2\beta_{к.у}R_0\times$ $\times(Q_0-Q)$	0	0	$\frac{2\beta_{к.у}R_0^2}{E(s_к-c)}(Q_0-Q)$	$\frac{2\beta_{к.у}^2R_0^2}{E(s_к-c)\cos\alpha}(Q_0-Q)$	$\frac{(Q_0-Q)\sin\alpha}{s_к-c}$	$\frac{2\beta_{к.у}R_0(Q_0-Q)}{s_к-c}$	$\beta_{к.у}=\frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{\frac{R_0(s_к-c)}{\cos\alpha}}}$; $Q=\frac{p_рR_0}{2}\operatorname{tg}\alpha$
	0	$\frac{2\beta_{к.у}^2R_0}{\cos\alpha}M_0$	M_0	μM_0	$\frac{2\beta_{к.у}^2R_0^2}{E(s_к-c)\cos\alpha}M_0$	$\frac{4\beta_{к.у}^3R_0^2}{E(s_к-c)\cos^2\alpha}M_0$	$\pm\frac{6M_0}{(s_к-c)^2}$	$\frac{2\beta_{к.у}^2R_0M_0}{(s_к-c)\cos\alpha}\pm$ $\pm\frac{6\mu M_0}{(s_к-c)^2}$	
	0	$\frac{p_рR_0}{\cos\alpha}$	0	0	$\frac{R_0^2}{E(s_к-c)\cos\alpha}p_р$	$\frac{2R_0^2\sin\alpha}{E(s_к-c)\cos^2\alpha}p_р$	0	$\frac{p_рR_0}{(s_к-c)\cos\alpha}$	
	$\frac{p_рR_0\times}{\times\left(1-\frac{R^2}{R_0^2}\right)}{2\cos\alpha}$	$\frac{p_рR_0}{\cos\alpha}$	0	0	$\frac{R_0^2\left(2-\mu+\mu\frac{R^2}{R_0^2}\right)}{2E(s_к-c)\cos\alpha}p_р$	$\frac{R_0\sin\alpha\left(3+\frac{R^2}{R_0^2}\right)}{2E(s_к-c)\cos^2\alpha}p_р$	$\frac{R_0\left(1-\frac{R^2}{R_0^2}\right)p_р}{2(s_к-c)\cos\alpha}$	$\frac{p_рR_0}{(s_к-c)\cos\alpha}$	
	0	$2\beta_эaQ_0$	0	0	$\frac{2\beta_эa^2}{E(s_э-c)}Q_0$	$\frac{2\beta_э^2a^2}{E(s_э-c)}Q_0$	0	$\frac{2\beta_эa}{s_э-c}Q_0$	$\beta_э=\frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{a(s_э-c)}}$
	0	$2\beta_э^2aM_0$	M_0	μM_0	$\frac{2\beta_э^2a^2}{E(s_э-c)}M_0$	$\frac{4\beta_э^3a^2}{E(s_э-c)}M_0$	$\pm\frac{6M_0}{(s_э-c)^2}$	$\frac{2\beta_э^2a}{s_э-c}M_0\pm\frac{6\mu M_0}{(s_э-c)^2}$	
	$\frac{p_рa}{2}$	$\frac{p_рa}{2}\times$ $\times\left(2-\frac{a^2}{b^2}\right)$	0	0	$\frac{p_рa^2}{2E(s_э-c)}\times$ $\times\left(2-\mu-\frac{a^2}{b^2}\right)$	0	$\frac{p_рa}{2(s_э-c)}$	$\frac{p_рa}{2(s_э-c)}\left(2-\frac{a^2}{b^2}\right)$	

Таблица 14.21

Формулы для определения нагрузок перемещений и напряжений по контуру плоской круглой пластины

Нагрузка	Усилие		Момент		Перемещение		Напряжение	
	кольцевое T	радиальное P	кольцевой M_t	радиальный M_r	радиальное Δ	угловое θ	кольцевое σ_t	радиальное σ_r
p_p, θ, Δ, $s_п$, R	0	0	$-\frac{(1-\mu)R^2}{8}p_р$	0	0	$-\frac{3(1-\mu)R^3}{2E(s_п-c)^3}p_р$	$-\frac{3(1-\mu)R^2}{4(s_п-c)^2}p_р$	0
Q_0, θ, Δ, $s_п$, R	Q_0	Q_0	$\frac{s_п-c}{2}Q_0$	$\frac{s_п-c}{2}Q_0$	$\frac{(1-\mu)R}{E(s_п-c)}Q_0$	$\frac{6(1-\mu)R}{E(s_п-c)^2}Q_0$	$\frac{Q_0}{s_п-c}(1\pm 3)$	$\frac{Q_0}{s_п-c}(1\pm 3)$
M_0, θ, Δ, $s_п$, R	0	0	M_0	M_0	0	$\frac{12(1-\mu)R}{E(s_п-c)^3}M_0$	$\pm\frac{6M_0}{(s_п-c)^2}$	$\pm\frac{6M_0}{(s_п-c)^2}$

ΣM_m, ΣM_t — соответственно сумма меридиональных и сумма тангенциальных (кольцевых) моментов, возникающих на краю обечайки от действия нагрузок p, $(Q_O - Q)$ и M_O; σ^{p}_{mO}, $\sigma^{(Q_O-Q)}_{mO}$, $\sigma^{M_O}_{mO}$, — меридиональные напряжения, возникающие на краю обечайки от действия соответственно нагрузок р, $(Q_O - Q)$ и M_O; σ^{p}_{tO}, $\sigma^{(Q_O-Q)}_{tO}$, $\sigma^{M_O}_{mO}$, — тангенциальные (кольцевые) напряжения, возникающие на краю обечайки от действия соответственно нагрузок p, $(Q_O - Q)$ и M_O.

Напряжения на наружной и внутренней поверхностях края плоского круглого днища (крышки):

– радиальное

$$\sigma_{r\text{п}} = \sum P/(s_\text{п} - c) \pm 6\sum M_r/(s_\text{п} - c)^2; \tag{14.131}$$

– кольцевое

$$\sigma_{t\text{п}} = \sum T/(s_\text{п} - c) \pm 6\sum M_t/(s_\text{п} - c)^2; \tag{14.132}$$

– максимальное

$$\sigma_{\max} = \max\{\sigma_{r\text{п}};\ \sigma_{t\text{п}}\}, \tag{14.133}$$

где ΣP, ΣT — соответственно сумма радиальных и сумма кольцевых усилий, действующих по контуру плоского круглого днища от нагрузок p, Q_O и M_O; ΣM_r, ΣM_t — соответственно сумма радиальных и сумма кольцевых моментов, действующих по контуру плоского круглого днища от нагрузок p, Q_O и M_O.

Для узла соединения оболочек или обечайки с плоским днищем (крышкой) должно выполняться условие

$$\sigma_{\max} \# \varphi\, 6\sigma@_{\text{кр}},$$

где $[\sigma]_{\text{кр}}$ — допускаемое напряжение в краевой зоне.

Для пластичных материалов при наличии статической нагрузки в случае преобладания напряжений изгиба разрешается увеличивать допускаемое напряжение для краевых зон на 3О % по сравнению с обычным

$$6\sigma@_{\text{кр}} = 1{,}3\, 6\sigma@.$$

Такое увеличение $[\sigma]_{\text{кр}}$ связано с локальным характером краевых напряжений, приводящих к образованию по линии искажения пластического шарнира, исключающего разрушение узла сопряжения.

В тех случаях, когда материал хрупкий (или имеется хрупкое покрытие), а также когда нагрузки в узле сопряжения являются циклическими, допускаемые напряжения для краевых зон увеличивать не следует, т. е. принимают по обычным правилам ($[\sigma]_{\text{кр}}$) = $[\sigma]$).

Расчет на прочность отводов (колен) проводятся в соответствии с приложением А ГОСТ 34233.2

Примеры

14.5.1. Для теплообменного аппарата (рис. 14.4О), работающего под внутренним давлением, осуществить проверку прочности цилиндрической обечайки крышки в месте соединения ее с плоской круглой пластиной.

Рис. 14.4О. Теплообменный аппарат

Исходные данные. Внутренний диаметр аппарата D = 3ОО мм, давление $p_\text{р}$ = 2 МПа, расчетная температура стенок t = 5О°С, материал — листовой прокат из стали 1ОХ17Н13М2Т. Толщина цилиндрической обечайки s = 12 мм, пластины $s_\text{п}$ = 22 мм, прибавка к расчетной толщине стенки c = 2 мм, коэффициент прочности сварных швов φ = 1, допускаемое напряжение $[\sigma]$ =131МПа.

Решение. Допускаемое напряжение на краю обечайки $[\sigma]_{\text{КР}}$ = 1,3 $[\sigma]$ = 1,3 · 131 ≅ 17О МПа.

Расчетное значение модуля продольной упругости при заданной температуре (t = 5О°С) для стали 1ОХ17Н-13М2Т Е = 2 · 1О^5 МПа.

Рис.14.41. Расчетная схема соединения цилиндрической обечайки с круглой пластиной

Уравнения совместности деформаций (рис. 14.41)

$$\left.\begin{aligned} &\Delta_p^{ц} - \Delta_{Q_0}^{ц} + \Delta_{M_0}^{ц} = \Delta_p^{п} + \Delta_{Q_0}^{п} + \Delta_{M_0}^{п};\\ &-\theta_p^{ц} + \theta_{Q_0}^{ц} - \theta_{M_0}^{ц} = \theta_p^{п} + \theta_{Q_0}^{п} + \theta_{M_0}^{п}, \end{aligned}\right\} \qquad (14.134)$$

где $\Delta_p^{ц}$, $\Delta_{Q_0}^{ц}$, $\Delta_{M_0}^{ц}$, $\theta_p^{ц}$, $\theta_{Q_0}^{ц}$, $\theta_{M_0}^{ц}$ — соответственно радиальные и угловые деформации края цилиндрической обечайки под действием нагрузок p, Q_0 и M_0; $\Delta_p^{п}$, $\Delta_{Q_0}^{п}$, $\Delta_{M_0}^{п}$, $\theta_p^{п}$, $\theta_{Q_0}^{п}$, $\theta_{M_0}^{п}$ — соответственно радиальные и угловые деформации края плоской круглой пластины от действия нагрузок p, Q_0 и M_0.

Подставляя соответствующие значения деформаций из табл. 14.20 и 14.21 в уравнения (14.134), получим

$$\left.\begin{aligned} &\frac{(2-\mu)R^2}{2E(s-c)}p_p - \frac{2\beta R^2}{(s-c)E}Q_0 + \frac{2\beta^2R^2}{(s-c)E}M_0 = 0 + \frac{(1-\mu)R}{E(s_п-c)}Q_0 + 0;\\ &-0 + \frac{2\beta^2R^2}{(s-c)E}Q_0 - \frac{4\beta^3R^2}{(s-c)E}M_0 = -\frac{3(1-\mu)R^3}{2E(s_п-c)^3}p_p + \frac{6(1-\mu)R}{E(s_п-c)^2}Q_0 +\\ &\qquad + \frac{12(1-\mu)R}{E(s_п-c)^3}M_0, \end{aligned}\right\} \qquad (14.135)$$

где $\beta = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}/\sqrt{R(s-c)}$; $R = D/2$.

Подставляя в систему уравнений (14.135) известные значения геометрических размеров аппарата и физических свойств материала, согласно заданию, получим β = 33,19 1/м; R = 0,15 м;

$$\left.\begin{aligned} &1{,}92\cdot10^{-5} - 74{,}68\cdot10^{-5}Q_0 + 2{,}48\cdot10^{-2}M_0 = 2{,}62\cdot10^{-5}Q_0;\\ &2{,}48\cdot10^{-2}Q_0 - 1{,}65M_0 = -44{,}3\cdot10^{-4} + 78{,}75\cdot10^{-4}Q_0 + 78{,}75\cdot10^{-2}M_0, \end{aligned}\right\}$$

откуда Q_0 = 0,107 МН/м; M_0 = 2,56 · 10^{-3} МН · м/м.

Суммарные напряжения на краю обечайки с учетом напряжений от внутреннего давления p_p, краевых сил Q_0 и моментов M_0 (см. табл.14.20) следующие:

$$\sigma_{m0} = \sigma_{m0}^{p} - \sigma_{m0}^{Q_0} + \sigma_{m0}^{M_0} = p_p R/[2(s-c)] - 0 \pm 6M_0/(s-c)^2 =$$
$$= 2\cdot0{,}15/[2(12-2)\,10^{-3}] \pm 6\cdot2{,}56\cdot10^{-3}/[(12-2)\,10^{-3}]^2 = (15 \pm 153{,}6)\ \text{МПа};$$
$$\sigma_{m0}^{max} = 168{,}6\ \text{МПа};$$

– кольцевое напряжение

$$\sigma_{t0} = \sigma_{t0}^{p} - \sigma_{t0}^{Q_0} + \sigma_{t0}^{M_0} = p_p R/(s-c) - (Q_0 - \beta M_0)\,2\beta R/(s-c) \pm 6\mu M_0/(s-c)^2 =$$
$$= 2\cdot0{,}15/[(12-2)\,10^{-3}] - (0{,}107 - 33{,}19\cdot2{,}56\cdot10^{-3})\,2\cdot33{,}19/[(12-2)\,10^{-3}] \pm 6\times$$
$$\times 0{,}3\cdot2{,}56\cdot10^{-3}/[(12-2)\,10^{-3}]^2 = (30 - 21{,}9 \pm 46{,}8)\ \text{МПа}.$$
$$\sigma_{t0}^{max} = 54{,}18\ \text{МПа};$$

– максимальное напряжение

$$\sigma_{max} = \max\{\sigma_{m0}^{max};\ \sigma_{t0}^{max}\} = \max\{168{,}6\ \text{МПа};\ 54{,}18\ \text{МПа}\} = 168{,}6\ \text{МПа}.$$

Условие прочности в месте сопряжения элементов выполняется:

$$\sigma_{max} < \varphi\,[\sigma]_{кр}\ (168{,}6\ \text{МПа} < 1\cdot170 = 170\ \text{МПа}).$$

14.5.2. Определить напряжения, возникающие в месте сопряжения элементов конструкции аппарата (рис. 14.42, *а*).

Исходные данные. Внутреннее давление $p_р$ = 0,6 МПа, внутренний диаметр D = 1600 мм, расчетная температура стенок t = 80°С, материал — листовой прокат из стали 09Г2С, сопрягаемые элементы — цилиндрическая и коническая обечайки, s = 8 мм, $s_к$ = 8 мм, α = 45°; прибавка к расчетной толщине c = 2 мм, коэффициент прочности сварных швов φ = 1, допускаемое напряжение $[\sigma]$ =162 МПа.

Решение. Аналогично примеру 14.2 $[\sigma]_{кр}$ = 1,3 $[\sigma]$ =1,3 · ·162 = 210,5 МПа.

Расчетное значение модуля продольной упругости при заданной температуре для стали 09Г2С E = 1,99 · 10^5 МПа.

Система уравнений совместности деформаций (рис. 14.42, *б*):

$$\left.\begin{aligned} &\Delta_p^ц - \Delta_{Q_0}^ц + \Delta_{M_0}^ц = \Delta_p^к + \Delta_{(Q_0-Q)}^к + \Delta_{M_0}^к; \\ &-\theta_p^ц + \theta_{Q_0}^ц - \theta_{M_0}^ц = \theta_p^к + \theta_{(Q_0-Q)}^к + \theta_{M_0}^к, \end{aligned}\right\} \qquad (14.136)$$

где $\Delta_p^ц$, $\Delta_{Q_0}^ц$, $\Delta_{M_0}^ц$, $\theta_p^ц$, $\theta_{Q_0}^ц$, $\theta_{M_0}^ц$ — соответственно радиальные и угловые деформации края цилиндрической обечайки под действием нагрузок p, Q_0 и M_0; $\Delta_p^к$, $\Delta_{(Q_0-Q)}^к$, $\Delta_{M_0}^к$, $\theta_p^к$, $\theta_{(Q_0-Q)}^к$, $\theta_{M_0}^к$ — соответственно радиальные и угловые деформации края конической обечайки под действием нагрузок p, Q_0 и M_0.

Подставляя соответствующие значения деформаций из табл. 14.20 в уравнения (14.136), получим:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{(2-\mu)R^2}{2E(s-c)}p_р - \frac{2\beta R^2}{E(s-c)}Q_0 + \frac{2\beta^2R^2}{E(s-c)}M_0 = \frac{(2-\mu)R^2}{2E(s_к-c)\cos\alpha}p_р + \\ &\quad + \frac{2\beta_к R^2}{E(s_к-c)}(Q_0-Q) + \frac{2\beta_к^2R^2}{E(s_к-c)\cos\alpha}M_0; \\ &-0 + \frac{2\beta^2R^2}{E(s-c)}Q_0 - \frac{4\beta^3R^2}{E(s-c)}M_0 = \frac{3R\sin\alpha}{2E(s_к-c)\cos^2\alpha}p_р + \\ &\quad + \frac{2\beta_к^2R^2}{E(s_к-c)\cos\alpha}(Q_0-Q) + \frac{4\beta_к^3R^2}{E(s_к-c)\cos^2\alpha}M_0, \end{aligned}\right\} \qquad (14.137)$$

где $\beta = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)} \Big/ \sqrt{R(s-c)}$; $\beta_к = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)} \Big/ \sqrt{R(s_к-c)/\cos\alpha}$; $Q = p_pR/(2\mathrm{ctg}\alpha)$.

Подставляя в систему уравнений (14.137) известные значения геометрических размеров аппарата и физических свойств материала, согласно заданию, получим:

Рис.14.42. Аппарат вертикальный с перемешивающим устройством (*а*) и расчетная схема (*б*) соединения цилиндрической и

конической обечаек его корпуса; U и $U_{\text{К}}$ — меридиональные усилия соответственно цилиндрической и конической обечаек

$$\beta = 18{,}55 \ \text{1/м}; \ \beta_к = 15{,}6 \ \text{1/м}; \ Q = 0{,}24 \ \text{МН/м}; \ R = D/2 = 0{,}8 \ \text{м};$$

$$\left.\begin{aligned} 27{,}34\cdot10^{-5} - 19{,}89\cdot10^{-3}Q_0 + 0{,}37M_0 = 38{,}66\cdot10^{-5} + \\ + 16{,}72\cdot10^{-3}(Q_0 - 0{,}24) + 0{,}37M_0; \\ -0 + 0{,}37Q_0 - 13{,}69M_0 = 85{,}28\cdot10^{-5} + \\ + 0{,}37(Q_0 - 0{,}24) + 16{,}28M_0. \end{aligned}\right\}$$

$$Q_0 = 0{,}11 \ \text{МН/м}; \ M_0 = 2{,}68\cdot10^{-3} \ \text{МН}\cdot\text{м/м}.$$

Откуда Q_0 = 0,11 МН/м; M_0 = 2,68 · 10^{-3} МН · м/м.

Суммарные напряжения на краю цилиндрической обечайки (см. табл. 14.20) следующие:

– меридиональное напряжение

$$\sigma_{m0} = \sigma_{m0}^{p} - \sigma_{m0}^{Q_0} + \sigma_{m0}^{M_0} = p_р R/[2(s-c)] - 0 \pm 6M_0/(s-c)^2 =$$

$$= 0{,}6\cdot0{,}8/[2(8-2)10^{-3}] \pm 6\cdot2{,}68\cdot10^{-3}/[(8-2)10^{-3}]^2 = (40 \pm 446{,}7) \ \text{МПа};$$

$$\sigma_{m0}^{max} = 486{,}7 \ \text{МПа};$$

– кольцевое напряжение

$$\sigma_{t0} = \sigma_{t0}^{p} - \sigma_{t0}^{Q_0} + \sigma_{t0}^{M_0} = p_р R/(s-c) - 2\beta R(Q_0 - \beta M_0)/(s-c) \pm 6\mu M_0/(s-$$
$$-c)^2 = 0{,}6\cdot0{,}8[(8-2)10^{-3}] - 2\cdot18{,}55\cdot0{,}8(0{,}11 - 18{,}55\cdot2{,}68\cdot10^{-3})/[(8-$$
$$-2)10^{-3}] \pm 6\cdot0{,}3\cdot2{,}68\cdot10^{-3}/[(8-2)10^{-3}]^2 = (-218{,}2 \pm 134) \ \text{МПа};$$
$$|\sigma_{t0}^{max}| = 352{,}2 \ \text{МПа}.$$

Суммарные напряжения на краю конической оболочки (днища) следующие:

– меридиональное напряжение

$$\sigma_{mк} = \sigma_{mк}^{p} + \sigma_{mк}^{(Q_0-Q)} + \sigma_{mк}^{M_0} = p_р R/[2(s_к - c)\cos\alpha] + (Q_0 - Q)\sin\alpha/(s_к - c) \pm$$
$$\pm 6M_0/(s_к - c)^2 = 0{,}6\cdot0{,}8/[2(8-2)10^{-3}\cos45°] + (0{,}11 - 0{,}24)\sin45°/[(8-$$
$$-2)10^{-3}] \pm 6\cdot2{,}68\cdot10^{-3}/[(8-2)10^{-3}]^2 = (41{,}35 \pm 446{,}7) \ \text{МПа};$$

$$\sigma_{mк}^{max} = 488{,}05 \ \text{МПа};$$

– кольцевое напряжение

$$\sigma_{tк} = \sigma_{tк}^{p} + \sigma_{tк}^{(Q_0-Q)} + \sigma_{tк}^{M_0} = p_р R/[(s_к - c)\cos\alpha] + 2\beta_к R(Q_0 - Q)/(s_к - c) +$$
$$+ 2\beta_к^2 R M_0/[(s_к - c)\cos\alpha] \pm 6\mu M_0/(s_к - c)^2 = 0{,}6\cdot0{,}8/[(8-2)10^{-3}\cos45°] +$$
$$+ 2\cdot15{,}6\cdot0{,}8(0{,}11 - 0{,}24)/[(8-2)10^{-3}] + 2\cdot15{,}6^2\cdot0{,}8\cdot2{,}68\cdot10^{-3}/[(8-$$
$$-2)10^{-3}\cos45°] \pm 6\cdot0{,}3\cdot2{,}68\cdot10^{-3}/[(8-2)10^{-3}]^2 = (181{,}7 \pm 134) \ \text{МПа};$$
$$\sigma_{tк}^{max} = 315{,}7 \ \text{МПа}.$$

Максимальное напряжение на краю:

– цилиндрической обечайки

$$\sigma_{max0} = \max\{\sigma_{m0}^{max}; |\sigma_{t0}^{max}|\} = \max\{486{,}7 \ \text{МПа}; 352{,}2 \ \text{МПа}\} = 486{,}7 \ \text{МПа};$$
$$\sigma_{max\,0} > \varphi[\sigma]_{кр} \quad (486{,}7 \ \text{МПа} > 1\cdot210{,}6 \ \text{МПа});$$

– конического днища

$$\sigma_{max\,н} = \max\{\sigma_{mк}^{max}; \sigma_{tк}^{max}\} = \max\{488{,}05 \ \text{МПа}; 315{,}7 \ \text{МПа}\} = 488{,}05 \ \text{МПа};$$
$$\sigma_{max\,к} > \varphi[\sigma]_{кр} \quad (488{,}05 \ \text{МПа} > 1\cdot210{,}6 \ \text{МПа}).$$

Таким образом, условие прочности в месте сопряжения элементов не выполняется. Это требует увеличение толщины стенки цилиндрической и конической обечаек в пределах краевой зоны (см. рис. 14.21), ограниченной размерами $l_ц = \pi/(2{,}5\beta)$ и $l_к = \pi/(2{,}5\beta_к)$.

14.5.3. Определить напряжения, возникающие в месте сопряжения оболочек аппарата (см. рис. 14.43).

Исходные данные. Внутреннее давление $p_р$ = 1 МПа, внутренний диаметр аппарата D = 2000 мм, расчетная температура стенок аппарата t = 100°С, материал — листовой прокат из стали 08Х22Н6Т, сопрягаемые элементы: цилиндрическая оболочка толщиной s = 8 мм, эллиптическое днище толщиной $s_э$ = 8 мм, прибавка к

Рис. 14.43. Горизонтальный аппарат с эллиптическими днищами

расчетной толщине c = 1 мм, коэффициент прочности сварных швов φ = 1, допускаемое напряжение и модуль продольной упругости при рабочей температуре [σ] =146 МПа, E = 1,99 · 1О^5 МПа.

Решение. Допускаемое напряжение на краю элемента $[\sigma]_{кр}$ = 1,3 [σ] = 1,3 · 146 ≅ 189,5 МПа.

Уравнение совместности деформаций для места стыка обечайки с эллиптическим днищем (рис. 14.44):

$$\left.\begin{aligned} \Delta_p^ц - \Delta_{Q_0}^ц + \Delta_{M_0}^ц &= \Delta_p^э + \Delta_{Q_0}^э + \Delta_{M_0}^э; \\ \theta_p^ц - \theta_{Q_0}^ц + \theta_{M_0}^ц &= -\theta_p^э - \theta_{Q_0}^э - \theta_{M_0}^э, \end{aligned}\right\} \qquad (14.138)$$

где $\Delta_p^ц$, $\Delta_{Q_0}^ц$, $\Delta_{M_0}^ц$, $\theta_p^ц$, $\theta_{Q_0}^ц$, $\theta_{M_0}^ц$ — соответственно радиальные и угловые перемещения края цилиндрической оболочки под действием нагрузок p, Q_0 и M_0; $\Delta_p^э$, $\Delta_{Q_0}^э$, $\Delta_{M_0}^э$, $\theta_p^э$, $\theta_{Q_0}^э$, $\theta_{M_0}^э$ — соответственно радиальные и угловые перемещения края эллиптической оболочки под действием нагрузок p, Q_0 и M_0.

Подставляя соответствующие значения деформаций из табл. 14.2О в уравнения (14.138), получим:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{(2-\mu)R^2}{2E(s-c)}p_р - \frac{2\beta R^2}{(s-c)E}Q_0 + \frac{2\beta^2R^2}{(s-c)E}M_0 = \frac{p_р a^2}{2E(s_э-c)}\times \\ &\times\left(2-\mu-\frac{a^2}{b^2}\right) + \frac{2\beta_э a^2}{(s_э-c)E}Q_0 + \frac{2\beta_э^2 a^2}{(s_э-c)E}M_0; \\ &0 - \frac{2\beta^2R^2}{(s-c)E}Q_0 + \frac{4\beta^3R^2}{(s-c)E}M_0 = -0 - \frac{2\beta_э^2a^2}{(s_э-c)E}Q_0 - \frac{4\beta_э^3a^2}{(s_э-c)E}M_0, \end{aligned}\right\} \qquad (14.139)$$

где

$$\beta = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}/\sqrt{R(s-c)};\ \beta_э = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}/\sqrt{a(s_э-c)};$$
$$R = D/2;\ a = D/2;\ b = D/4.$$

Подставляя в систему уравнений (14.139) известные значения геометрических размеров аппарата и физических свойств материала согласно заданию, получим:

$$\beta = 15{,}36\ \text{1/м};\ \beta_э = 15{,}36\ \text{1/м};\ R = a = 1\ \text{м};\ b = 0{,}5\ \text{м};$$
$$\left.\begin{aligned} 0{,}00061 - 0{,}022Q_0 + 0{,}34M_0 &= -0{,}000826 + 0{,}022Q_0 + 0{,}34M_0; \\ -0{,}34Q_0 + 10{,}4M_0 &= -0{,}34Q_0 - 10{,}4M_0, \end{aligned}\right\}$$

откуда

$$Q_0 = 0{,}0326\ \text{МН/м};\quad M_0 = 0.$$

Краевая сила Q_0 и момент M_0 вызывают нагрузки, приведенные в табл. 14.21.

Суммарные напряжения на краю эллиптического днища ($a = R$ = 1ООО мм) (см. табл. 14.21):

– меридиональное

$$\sigma_{mэ} = \sigma_{mэ}^p + \sigma_{mэ}^{Q_0} + \sigma_{mэ}^{M_0} = p_р a/[2(s_э-c)] + 0 \pm 6M_0/(s_э-c)^2 =$$
$$= 1\cdot 1/[2(8-1)10^{-3}] + 0 \pm 0 = 71{,}43\ \text{МПа};$$

– кольцевое

$$\sigma_{tэ} = \sigma_{tэ}^p + \sigma_{tэ}^{Q_0} + \sigma_{tэ}^{M_0} = p_р a(2-a^2/b^2)/[2(s_э-c)] + 2Q_0\beta_э a/(s_э-c) +$$
$$+ 2M_0\beta_э^2 a/(s_э-c) \pm 6\mu M_0/(s_э-c)^2 = 1\cdot 1(2-1^2/0{,}5^2)/[2(8-1)10^{-3}] +$$
$$+ 2\cdot 0{,}0326\cdot 15{,}36\cdot 1/[(8-1)10^{-3}] + 0 \pm 0 = -142{,}86 + 142{,}86 = 0,$$

Рис. 14.44. Расчетная схема соединения цилиндрической обечайки с эллиптическим днищем

Суммарные напряжения на краю цилиндрической обечайки:
– меридиональное

$$\sigma_{m0} = \sigma_{m0}^{p} - \sigma_{m0}^{Q_0} + \sigma_{m0}^{M_0} = p_p R/[2\,(s-c)] - 0 \pm 6M_0/(s-c)^2 =$$
$$= 1\cdot 1/[2\,(8-1)\,10^{-3}] - 0 \pm 0 = 71{,}43 \text{ МПа};$$

– кольцевое

$$\sigma_{t0} = \sigma_{t0}^{p} - \sigma_{t0}^{Q_0} + \sigma_{t0}^{M_0} = p_p R/(s-c) - 2Q_0\beta R/(s-c) + 2M_0\beta^2 R/(s-c) \pm$$
$$\pm 6\mu M_0/(s-c)^2 = 1\cdot 1/[(8-1)\,10^{-3}] - 2\cdot 0{,}0326\cdot 15{,}36\cdot 1/[(8-1)\,10^{-3}] + 0 \pm 0 =$$
$$= 142{,}86 - 142{,}86 = 0.$$

Максимальное напряжение на краю:
– эллиптического днища

$$\sigma_{max} = \max\{\sigma_{m0};\ \sigma_{t0}\} = \max\{71{,}43;\ 0\} = 71{,}43 \text{ МПа};$$
$$\sigma_{max} < \varphi\,[\sigma]_{кр}\ (71{,}43 \text{ МПа} < 1\cdot 189{,}8 \text{ МПа}),$$

– цилиндрической обечайки

$$\sigma_{max\ э} = \max\{\sigma_{mэ};\ \sigma_{tэ}\} = \max\{71{,}43;\ 0\} = 71{,}43 \text{ МПа};$$
$$\sigma_{max\ э} < \varphi\,[\sigma]_{кр}\ (71{,}43 \text{ МПа} < 1\cdot 189{,}8 \text{ МПа});$$

т.е. условие прочности в месте сопряжения элементов выполняется. Кроме того, напряжения на краю соединяемых эллиптической и цилиндрической оболочек ($\sigma_{max\ э} = \sigma_{max} = 71{,}43$ МПа) оказывают меньше напряжений, возникающих от действия давления p в сечениях оболочек, удаленных от места стыка $\left|\sigma_{tэ}^{p}\right| = \sigma_{t0}^{p} = 142{,}86$ МПа. В этом заключается основное достоинство стандартных эллиптических днищ ($a = 2b$ при $s_э = s$), широко используемых в настоящее время в аппаратостроении.

ГЛАВА 1

КРЫШКИ ОТЬЕМНЫЕ, ЛЮКИ

Конструкции

Отъемные крышки на корпусе аппарата применяются только в тех случаях, когда его невозможно выполнить цельносварным с люком для осмотра, чистки, ремонта, загрузки, выгрузки, монтажа и демонтажа внутренних устройств. Крышки большей частью присоединяются к корпусу аппарата с помощью фланцев, которые металлоемки особенно при больших диаметрах и высоких давлениях в аппарате, и поэтому являются нежелательными.

Типовые конструкции отъемных крышек показаны на рис. 15.1 и 15.2. Эллиптические и сферические крышки состоят из соответствующих стандартных днищ, сваренных со стандартными или специальными фланцами, а плоские являются цельными, изготовленными из листов или поковок.

Многие аппараты по условиям их эксплуатации можно выполнить без крышек, цельносварными, и такие аппараты обычно снабжаются люками, которые стандартизированы.

На рис. 15.3—15.6 показаны конструкции таких люков, представляющих собой штуцера с фланцевыми крышками, в табл. 15.1—15.3 соответственно приведены их основные размеры, а в табл. 15.4—15.5 — материальное оформление указанных люков.

Крышки вертикальных люков с массой свыше 2О кг и горизонтальных массой свыше 4О кг должны иметь устройства, облегчающие их обслуживание. Такие устройства стандартизированы. На рис.15.8 показаны их конструкции, а в табл. 15.6 и 15.7 — основные размеры.

Таблица 15.1

Стандартные люки со скобой для сварных аппаратов (рис.15.3), ОСТ 26-2001 – 83 (размеры в мм)

$D_у$	D	$D_н$	s	D_1	s_1	l	l_1	l_2	l_3	l_4
8О		89	3,5	125	6	21О	73	83	125	99
1ОО	—	1О8	4,О	145	6	23О	82	92	125	99
15О	—	159	4,5	2ОО	8	31О	112	124	16О	125
25О	—	273	7,О	315	8	42О	169	181	16О	125
4ОО	4ОО	—	4,О	455	1О	58О	24О	252	2ОО	162
45О	45О	—	4,О	5О5	1О	63О	265	277	2ОО	162
5ОО	5ОО	—	4,О	555	12	68О	29О	3О2	2ОО	162

$D_у$	H	H_1	A	B	$d_б$	d_1	d_2	d_3	a	s_2
8О	85	2О9	25	3О	М12	1О	8	1О	36	4
1ОО	85	2О9	25	3О	М12	1О	8	1О	36	4
15О	1ОО	28О	35	4О	М16	14	1О	14	42	6
25О	1ОО	328	35	4О	М16	14	1О	14	48	6
4ОО	11О	367	55	6О	М2О	2О	12	18	48	1О
45О	11О	367	55	6О	М2О	2О	12	18	48	1О
5ОО	11О	367	55	6О	М2О	2О	12	18	48	1О

Примечания. 1. Люки предназначены для аппаратов, работающих под наливом при температуре среды от —4О до +2ОО °С. 2. Материал прокладки — резина с твердостью по Шору 75, ГОСТ 7338—65.

Пример условного обозначения люка с D = 1ОО мм с шифром материального исполнения 2:

Люк 100-2 ОСТ 26-2001—83.

Рис.15.1. Типовые конструкции отъемных выпуклых крышек в стальных сварных аппаратах: *а*— эллиптическая с плоским фланцем; *б* — эллиптическая с фланцем, приварным встык; *в* — сферическая с угловым сварным соединением с фланцем; *г* — сферическая со стыковым сварным соединением с фланцем

Рис.15.2. Типовые конструкции отъемных плоских круглых крышек в стальных сварных аппаратах: *а* — с уплотнением по краю крышки; *б* — зажатая между фланцами; *в* — с уплотнением на соединительном выступе; *г* — с уплотнением выступ — впадина или шип — паз; *д* — с уплотнением овальной или восьмиугольной прокладкой

Рис.15.3. Конструкция люков со скобой (ОСТ 26-2ОО1—83)

Рис.15.4. Конструкции люков с крышками и плоскими фланцами: *а* — тип 1, с плоскими крышками, ОСТ 26-2ОО2—83; *б* — тип 2, со сферическими крышками, ОСТ 26-2ОО3—83; исполнение 1 — с уплотнением на соединительном выступе; исполнение 2 — с уплотнением шип — паз

Рис. 15.6. Конструкции загрузочных люков, ОСТ 26-2ОО4 —83;
исполнение 1 — с уплотнением на соединительном выступе; исполнение 2 — с уплотнением шип — паз

Рис.15.5. Конструкции люков с плоскими крышками и фланцами, приварными встык: *а* — тип 3, с уплотнением выступ — впадина, ОСТ 26-2ОО5—83; *б* — тип 4, с уплотнением шип — паз, ОСТ 26-2ОО6—83; *в* — тип 5, с уплотнением под прокладку восьмиугольного сечения, ОСТ 26-2ОО7—83;
исполнение 1 — с толщиной стенки патрубка до 34 мм; исполнение 2 — с толщиной стенки патрубка свыше 34 мм

Рис. 15.7. Конструкции шарнирных, подъемно-поворотных и поворотных устройств для крышек люков; *а* — тип 1, шарнирные с плоскими (исполнение 1) и сферическими (исполнение 2) крышками, ОСТ 26-2О12—83; *б* — тип 2, подъемно-поворотные для вертикальных люков с плоскими (исполнение 1) и сферическими (исполнение 2) крышками, ОСТ 26-2О13—83; *в* — тип 3, поворотные для горизонтальных люков с плоскими крышками, ОСТ 26-2О14—83

Таблица 15.2

Стандартные люки с плоскими и сферическими крышками для сварных аппаратов, ОСТ 26-2002–83, ОСТ 26-2003–83, ОСТ 26-2005–83, ОСТ 26-2006–83, ОСТ 26-2007–83, мм

p_y, МПа	D	D_1	s		h		H		H_1		H_2		Тип
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
0,6 1,0 1,6	400	520 535 535	6 8 8	— — —	18 22 28	22 26 34	200	— — —	280	— — —	76 83 88	82 89 94	1, 2 рис. 15.4
1,6		535	10	—	34			—	270	—	16	—	3,4 рис. 15.5
2,5		535	10 16	40	40			280	275	355	— 30	50	
4,0		590	12 20	45 50	50		220	330	345	425	— 30	55 60	
6,4		590	14 20 —	45 50 60	58		300 300 —	350 350 390	430 430 —	480 480 520	— 25 —	50 60 70	5 рис. 15.5
10,0		630	20	50 60 65 75	75		350	400 430 440 470	545	595 620 635 665	—	50 65 70 80	
16,0		715	32	75 80 90	105		420	530 540 560	720	830 840 860	—	75 80 90	
0,6 1,0 1,6	450	570 570 590	8 8 10	— — —	18 24 30	24 28 36	200	— — —	290	— — —	83 88 97	89 94 103	1,2 рис. 15.4
1,6		590	10	—	36		220	—	300	—	12	—	3,4 рис. 15.5
2,5			10 16	36 45	45			280 310	305	365 395	— 20	45 55	
4,0		640	12 20 —	36 45 55	56		250 250 —	310 340 370	345 345 —	405 435 465	— 30 —	45 55 65	

Продолжение табл.15.2

p_y, МПа	D	D_1	s		h		H		H_1		H_2		Тип
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
6,4	450	640	16	40 50 55 65 70	65		270	340 360 380 400 420	410	480 500 520 540 560	—	50 60 60 70 80	5 рис. 15.5
10,0		690	24	55 65 75 80	85		350	420 450 480 490	550	520 650 680 690	—	55 65 75 80	
16,0		775	34	85 95 100	120		420	560 590 600	725	865 895 905	—	85 95 100	
0,6 1,0 1,6	500	620 640 640	8 8 10	— — —	20 26 32	24 30 38	200	— — —	300	— — —	89 99 104	95 105 110	1, 2 рис. 15.4
1,6		640	10	—	38		220	—	320	—	12	—	3,4 рис. 15.5
2,5			10 16	36 45	48			300 330		400 430	— 20	45 55	
4,0		695	12 20 —	40 50 55	58		240	350 370 380	445	455 475 485	— 30 —	50 60 65	
6,4		695	16	45 55 65 75	70		280	370 400 420 450	420	510 540 560 590	—	50 60 70 80	5 рис. 15.5
10,0		750	26	70 80 90	90		400	500 520 540	605	705 725 745	—	75 85 95	
0,6 1,0 1,6	600	720 740 740	8 10 10	— — —	24 30 38	28 34 45	220	— — —	330	— — —	108 112 117	114 118 123	1,2 рис. 15.4
1,6	600	740	10	—	45		220	—	350	—	—	—	3,4 рис. 15.5
2,5			12 16	50	52			360	355	495	— 16	60	

Продолжение табл.15.2

$p_у$, МПа	D	D_1	s		h		H		H_1		H_2		Тип
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
4,0	600	795	14 20	60 65	70		260	420 430	405	565 575	— 30	65 70	3,4 рис. 15.5

П р и м е ч а н и я . 1. Размеры $D_б$, $d_б$, число болтов или шпилек, значение размеров уплотнительных поверхностей и фланцев приведены в табл.19.7,19.8 и 19.10 для соответствующих $p_у$. Прокладки — по табл. 19.14, 19.15 и 19.16. 2. Значения s, H и H_1 указаны для двух исполнений: исполнение 1 — для толщин $s \leq 34$ мм, исполнение 2 — для толщин $s > 34$ мм. 3. Значения h указаны для двух исполнений крышек типа 1: исполнение 1 — для крышек с соединительным выступом (рис. 15.4, *а*. исполнение 1) — и исполнение 2 — для крышек с шипом (рис.15.4, *а*, исполнение 2). 4. Значения H_2 указаны для люков типа 2 для двух исполнений: исполнение 1 — для крышек с соединительным выступом (рис.15.4, *б*, исполнение 1), исполнение 2 — для крышек с шипом (рис.15.4, *б*, исполнение 2). Для люков типов 3, 4 и 5 значения H_2 также указаны для двух исполнений: исполнение 1 — для $s \leq 30$ мм (рис. 15.5, *а—в,* исполнения 1) и исполнение 2 — для $s \geq 45$ мм (рис. 15.5, *а—в,* исполнения 2).

П р и м е р у с л о в н о г о о б о з н а ч е н и я люка типа 3 исполнения 2 D = 400 мм, s = 10 мм на $p_у$ = 2,5 МПа с шифром материального исполнения люка 3, крепежных деталей 1:

Люк 3-2-400-Х10-25-3-1 ОСТ 26-2005—83.

Таблица 15.3

Стандартные люки загрузочные для стальных сварных аппаратов (рис.15.6), ОСТ 26-2004–83

$p_у$, МПа	мм													Число болтов z
	Dу	$D_н \times s$	D_1	$D_б$	H	H_1		H_2	h		h_1	d	$d_Б$	
						1	2		1	2				
0,6 1,0 1,6	80	89 × 4	185 195 195	150 160 160	160	247 250 250	247 250 250	210	16	20 20 22	18 20 24	12	M16	4
0,6 1,0 1,6	100	108 × 4	205 215 215	170 180 180		296	298		16	22	18 22 26			4 8 8
0,6 1,0 1,6	150	159 × 6	260 280 280	225 240 240	180	326 328 328	328 328 330	240	16 18 18	22 22 24	20 24 28	12 16 16	M16 M20 M20	8
0,6 1,0 1,6	250	273 × 7	370 390 405	335 350 355		326 328 330	328 330 334		16 18 20	22 24 28	23 26 31	12 16 18	M16 M20 M24	12

П р и м е ч а н и я . 1. Значения H_1 и h даны для исполнения 1 и исполнения 2. 2. Размеры уплотнительных поверхностей см. табл. 19.1—19.4.

П р и м е р у с л о в н о г о о б о з н а ч е н и я люка исполнения 1 D_y = 1ОО мм на p_y = 1,О МПа с шифром материального исполнения люка 3, крепежных деталей 3:

Люк 1-100-10-3-3 ОСТ 26-2004—83.

Таблица 15.4

Материальное оформление стандартных люков для стальных сварных аппаратов, ОСТ 26-2011 – 83

Тип люка	Шифр материально-го исполнения	Рабочие условия			Марка стали для деталей люка			
		p, МПа	*t*, °С от	*t*, °С до	Обечайка, днище сферическое	Фланец	Крышка	Полу-кольцо
1 и 2 по ОСТ 26-2ОО1—83 (рис.15.3)	1	Под налив	—4О	+2ОО	1О*, 2О*, Ст3сп4	Ст3сп4		—
	2 3 4 5 6				12Х18Н1ОТ 1ОХ17Н13М2Т 1ОХ17Н13М3Т О8Х22Н6Т О8Х21Н6М2Т			
1 по ОСТ 26-2ОО2—83 (рис.15.4); загрузочный по ОСТ 26-2ОО4—83 (рис.15.6)	1	≤1,6	—2О	+3ОО	Ст3сп4, 1О *, 2О *	Ст3сп5 (при s ≤ 25мм); 2ОК (при s > 25мм)		2О
	2		—4О		16ГС; 1ОГ2 *	16ГС		О9Г2
	3		—7О	—41	О9Г2С; 1ОГ2*	О9Г2С		1ОГ2
2 по ОСТ 26-2ОО3—83 (рис.15.4); загрузочный по ОСТ 26--2ОО4—83 (рис.15.6)	4 5 6			+3ОО	12Х18Н1ОТ 1ОХ17Н13М2Т 1ОХ17Н13М3Т О8Х22Н6Т О8Х21Н6М2Т			
	7 8		—4О					О9Г2
3 по ОСТ 26-2ОО5—83, 4 по ОСТ 26-2ОО6—83, 5 по ОСТ 26-2ОО7—83 (рис.15.5)	1	≤4	—2О	+4ОО	Ст5сп5	2О	16ГС, 2ОК 2О	—
	2	≤6,4	—7О	+475	О9Г2С, 1ОГ2	О9Г2С	О9Г2С, 1ОГ2	
	3	≤16	—3О		16ГС, 2О	2О	16ГС,2О	
	4		—4О		16ГС, 1ОГ2	16ГС	16ГС, 1ОГ2	
	5					2О	16ГС,2О	
	6		0	+54О	12ХМ, 15ХМ	15ХМ	12ХМ, 15ХМ	
	7 8	≤6,4	—7О		1ОХ17Н13М2Т 1ОХ17Н13М3Т			
	9	≤16			12Х18Н1ОТ			
* Только для патрубков $D_у$ = 8О — 25О мм, изготовляемых из труб. При отсутствии труб патрубки допускается изготовлять из листовой стали.								

Таблица 15.5

Материальное оформление крепежных деталей стандартных люков, ОСТ 26-2011 – 83

Тип люка	Шифр материального исполнения люка	Рабочие условия			Шифр крепежных деталей	Вид крепежных деталей	Класс прочности, группа, марка стали
		p, МПа	*t*,. С° от	*t*,. С° до			
1, 2 по ОСТ 26-2ОО1—83 (рис.15.3); загрузочный по ОСТ 26-2ОО4—83 (рис. 15.6)	1, 2	≤О,6	—4О	+3ОО	—	Болты по ГОСТ 7798	Класс прочности 5.6 или 6.6 по ГОСТ 1759
		1,О; 1,6				Шпильки по ГОСТ 11769 тип Б	
		≤1,6				Гайки по ГОСТ 5915	Класс прочности 5 и 6 по ГОСТ 1759
	3	≤О,6	—7О	—41		Болты по ГОСТ 7798	2ОХН3А
		1,О; 1,6				Шпильки по ГОСТ 11769 тип Б	
		≤1,6				Гайки по ГОСТ 5915	2ОХН3А, 1ОГ2
	4, 5, 6	≤О,6		+3ОО		Болты по ГОСТ 7798	Группа 21 по ГОСТ 1759
		1,О; 1,6				Шпильки по ГОСТ 11769 тип Б	
1, 2 по ОСТ 26-2ОО1—83 (рис. 15.3); загрузоч-3 ный по ОСТ 26-2ОО4—83 (рис. 15,6)	4, 5, 6	≤1,6	—7О	+3ОО	—	Гайки по ГОСТ 5915	Группа 21 по ГОСТ 1759
	7,8	≤О,6	—4О			Болты по ГОСТ 7798	
		1,О; 1,6				Шпильки по ГОСТ 11769 тип Б	
		≤1,6				Гайки по ГОСТ 5915	

Продолжение табл.15.5

Тип люка	Шифр материального исполнения люка	Рабочие условия			Шифр крепежных деталей	Вид крепежных деталей	Класс прочности, группа, марка стали
		p, МПа	*t*, С°				
			От	До			
3 по ОСТ 26-2ОО5—83; 4 по ОСТ 26-2ОО6—83; 5 по ОСТ 26-2ОО7— 83 (рис. 15,5)	1, 2, 3, 4, 5	≤1,6	—4О	+4ОО	1	Шпильки по ГОСТ 9О66	35Х
						Гайки по ГОСТ 9О64, шайбы по ГОСТ 9О65	3О
	2, 3,4, 5		+4ОО	+475	2	Шпильки по ГОСТ 9О66	25Х2М1Ф
				+54О		Гайки по ГОСТ 9О64	25Х1МФ
	6					Шайбы по ГОСТ 9О65	15ХМ
	2		—7О	+41	3	Шпильки по ГОСТ 9О66, гайки по ГОСТ 9О64	2ОХН3А
	7,8,9				4	Шпильки по ГОСТ 9О66	ОХ14Н2ОВ3Т
						Гайки по ГОСТ 9О64	45Х14Н14В2М
						Шайбы по ГОСТ 9О65	2ОХН3А
			—4О	+45О	5	Шпильки по ГОСТ 9О66, гайки по ГОСТ 9О64	37Х12Н8Г8МФБ
						Шайбы по ГОСТ 9О65	15ХМ
			+45О	+54О	6	Шпильки по ГОСТ 9О66	ОХ14Н2ОВ3Т
						Гайки по ГОСТ 9О64	45Х14Н14В2М
						Шайбы по ГОСТ 9О65	15ХМ

Таблица 15.6

Стандартные устройства поворотные и подъемно-поворотные для крышек вертикально расположенных люков, ОСТ 26-2012 – 83, ОСТ 26-2013 – 83

Тип	p_y, МПа	мм									
		D	a		l		H		H_1		d
			1	2	1	2	1	2	1	2	
1	0,6 1,0 1,6	400	160 135 —	160 135 135	307 314 —	307 314 314	—	—	—	—	—
	0,6 1,0	450	150 —	150 125	338 —	338 343					
	0,3 0,6	500	160 —	— 160	363 —	— 363					
2	1,0 1,6 2,5 4,0 6,4 10,0 16,0	400	—	—	290 298 298 325 325 345 393	290 298 298 325 325 345 393	397 397 397 397 397 397 427	—	260 260 260 260 260 260 290	—	30 45 45 45 45 45 50
	0,6 1,0 1,6 2,5 4,0 6,4 10,0 16,0	450	—	—	308 318 325 325 350 350 380 423	308 318 325 325 350 350 380 423	397 397 397 397 397 397 397 427	427 427 427 427 427 427 427 —	260 260 260 260 260 260 260 290	290 290 290 290 290 290 290 —	30 30 45 45 45 45 50 50
	0,3 0,6 1,0 1,6 2,5 4,0 6,4 10,0	500	—	—	333 333 343 350 350 378 378 410	333 333 343 350 350 378 378 410	397	427	260	290	30 30 30 45 45 45 45 50
2	0,3 0,6 1,0 1,6 2,5 4,0	600	—	—	387 387 400 400 400 428	387 387 400 400 400 428	397	427	260	290	30 36 36 45 45 45

Примечания. 1. Значения a, l, H и H_1 даны для двух исполнений: исполнение 1 — для люков с плоскими крышками, исполнение 2 — для люков со сферическими крышками. 2. Устройства типов 1 и 2 выполняются в трех материальных исполнениях: шифр 1 — из углеродистых сталей при $t \geq -20°C$, шифр 2 — из низколегированных и углеродистых сталей при $t \geq -40°C$, шифр 3 — из низколегированных сталей при $t \geq -70°C$.

Пример условного обозначения устройства типа 2 конструктивного исполнения 1 для люка D = 400 мм на условное давление p = 1,6 МПа с шифром материального исполнения 2:

Устройство подъемно-поворотное 1-400-16-2 ОСТ 26-2013—83.

Таблица 15.7

Стандартное устройство поворотное для плоских крышек горизонтально расположенных люков (рис.15.7, тип 3), ОСТ 26-2014 – 83

p_y, МПа	мм							p_y, МПа	мм						
	D	s	l	l_1	l_2	h	d		D	s	l	l_1	l_2	h	d
0,6 1,0 1,6	400	6 8 10	390 400 420	288 290 310	135 135 140	100	30 30 45	10,0	400	20 50 60 65 75	470	400 450 460 460 460	250 300 300 300 300	100	45
2,5		10 16 40	420	310 320 350	140 160 180		45	16,0		32 75 80 90	510	460 540 540 540	320 375 375 375 375		50
4,0		12 20 45 50	450	330 340 380 380	165 180 220 220			0,6 1,0 1,6	450	8 8 10	415 425 450	313 313 330	135 135 140		30 30 45
6,4		14 45 50 65		350 400 400 430	205 230 230 250			2,5		10 16 36 45	450	330	140 140 175 175		45
4,0	450	12 20 36 45 55	470	350 370 400 400 420	175 190 210 210 220	100	45	4,0	500	12 20 40 50 55	500	370 390 420 430 430	180 200 225 225 225	125	45
6,4		16 40 50 55 65 70		390 400 420 420 450 450	220 220 230 230 250 250			6,4		16 45 55 65 75		400 450 460 460 480	200 260 260 260 260		
10,0		24 55 65 75 80	500	420 470 470 490 500	250 290 290 300 300			10,0	500	26 70 80 90	530	450 530 530 530	270 325 325 325		50
16,0		34 85 95 100	540	470 580 580 580	300 385 385 385		50	0,3 0,6 1,0 1,6	600	8 8 10 10	490 490 500 520	375 377 400 400	135 135 145 145	125	30 36 36 45
0,3 0,6 1,0 1,6	500	8 8 8 10	440 440 450 470	336 336 336 350	135 135 135 145		30 30 30 45	2,5		12 16 50	520	400 400 460	145 145 190		45
2,5		10 16 36 45	470	350 350 390 390	145 145 180 180	125	45	4,0		14 20 60 65	550	420 430 490 490	190 190 230 230		

Примечание. Устройство выполняется в трех материальных исполнениях: шифр 1 — из углеродистых сталей при $t \geq -20$ °С; шифр 2 — из низколегированных и углеродистых сталей при $t \geq -40$ °С, шифр 3 — из низколегированных сталей при $t \geq -70$ °С.

Пример условного обозначения устройства типа 3 для люка $D = 400$ мм $s = 20$ мм на условное давление $p_y = 4$ МПа с шифром материального исполнения 3:

Устройство поворотное 400х20-40-3 ОСТ 26-2014—83.

Расчет плоских круглых крышек с дополнительным краевым моментом осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 34233.2, методика изложена в разделе 14.3.3.

ГЛАВА 16

РУБАШКИ

16.1. КОНСТРУК¡ИИ

Рубашки в технологических аппаратах предназначаются для наружного нагревания или охлаждения обрабатываемых или хранящихся в аппарате главным образом жидких продуктов. Они могут устанавливаться на цилиндрических вертикальных и горизонтальных аппаратах. Наибольшее применение имеют рубашки на вертикальных аппаратах.

По конструкции рубашки бывают неразъемные (приварные к корпусу аппарата) и отъемные. Более простыми и надежными в работе являются неразъемные рубашки, которые стандартизованы для сварной аппаратуры. Отъемные рубашки применяются в тех случаях, когда по условиям эксплуатации требуется периодическая чистка корпуса, закрытого рубашкой с обязательным вскрытием его.

На рис 16.1 приведены конструкции стандартных неразъемных рубашек для вертикальных стальных сварных аппаратов, основные данные которых приведены в табл. 16.1—16.7. С эллиптическими и коническими днищами рубашки применяются при $p \leq$ О,6 МПа и $t \leq$ 35О°С; при p = 1,О — 1,6 МПа и $t \leq$ 3ОО°С; рубашки из полутруб при $p \leq$ О,6 МПа $t \leq$ 35О°С и при p = 1,О — 6,4 МПа и $t \leq$ 28О°С; рубашки с вмятинами при p = 2,5 — 4 МПа и $t \leq$ 25О°С.

При температуре стенки аппарата $t \leq$ 1ОО°С допускается приварка рубашки из углеродистой стали или низколегированных сталей к корпусу аппарата из аустенитных сталей.

На рис. 16.2 показаны конструкции соединительных элементов неразъемных рубашек с корпусом аппарата.

На рис. 16.3 показаны конструкции отъемных рубашек на вертикальных аппаратах.

16.k. РАС ЕТ КОРМУСОВ АММАРАТОВ С НЕРАЗЬЕМНЫМИ РУБАШКАМИ

Рубашки цилиндрические с сллиптическими и коническими днищами. При расчете определяют толщины стенок цилиндрических обечаек корпуса аппарата и рубашки (см. гл. 13) и эллиптических или конических днищ (см. гл. 14).

Расчет мест крепления рубашек к корпусу проводят по ГОСТ 34233.8.

Рубашки из полутруб. Рассчитываются по ОСТ 26-О1-987—85, и расчетная толщина стенки полутрубы определяется по формуле:

$$s_{1R} = \frac{p_R R_в}{\varphi \sigma}, \qquad (16.1)$$

где p_R — расчетное давление в рубашке; $R_В$ — внутренний радиус трубы; φ — коэффициент прочности сварного шва; [σ] — допускаемое напряжение материала полутруб.

Расчетная толщина стенки обечайки аппарата от внутренних избыточных давлений в аппарате и рубашке с учетом напряжений изгиба определяется по формуле:

$$s_R = 2R\sqrt{\frac{p_R}{2\varphi[\sigma]}} + \frac{Dp'_R}{8\varphi[\sigma]}, \qquad (16.2)$$

где p'_R — расчетное давление в аппарате; p_R — расчетное давление в рубашке.

Расчетная толщина стенки обечайки исходя из устойчивости

$$s_R = \frac{B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A}, \qquad (16.3)$$

где

$$A = \frac{2\sigma_т}{n_т D}\left(1 + \frac{D}{10l}\right)\left(1 + 5\frac{D}{l}\right); \qquad (16.4)$$

$$B = p_R\left(1 + 5\frac{D}{l}\right); \qquad (16.5)$$

$$C = 0{,}03 p_R D u. \qquad (16.6)$$

Здесь $И_т$ = 1,6 — коэффициент запаса устойчивости к пределу текучести; u = 1,5 — коэффициент, учитывающий некруглость полутрубы.

За расчетную принимается большее значение, определенное по формулам (16.2) и (16.3).

Рубашки с вмятинами. Толщина стенки обечайки и днища корпуса аппарата определяется по формуле:

$$s = 0{,}15\frac{p_R' D}{\varphi[\sigma]} + t\sqrt{\frac{p_R}{5\varphi[\sigma]}} + c' + c, \qquad (16.7)$$

где p'_R, p_R — расчетные давления в аппарате и рубашке

Толщина стенки тороконического или конического соединительного элемента обычно принимается равной толщине стенки обечайки рубашки, а высота соедини-

тельного кольца — конструктивно.

Угол конуса рекомендуется принимать $\alpha = 30°$.

соответственно; D — внутренний диаметр обечайки аппарата; φ — коэффициент прочности продольного сварного шва на цилиндрической обечайке или радиального шва на днище корпуса аппарата; t — шаг между вмятинами; c', c — прибавки к расчетным толщинам. Расчетная толщина стенок обечайки и днища рубашки рассчитывается по формуле

$$s_1 = 0{,}7\,(s - c) + c' + c. \qquad (16.8)$$

Рис. 16.1. Конструкции стандартных неразъемных рубашек для вертикальных стальных сварных аппаратов: *а* — тип1, с эллиптическим днищем и верхним (исполнение 1) и нижним (исполнение 2) выпуском продукта; *б* — тип 2, с коническим днищем с углом при вершине конуса 2α = 9О° и тип 3, с коническим днищем с углом при вершине конуса 2α = 6О°; *в* — тип 4, рубашки из полутруб; *г* — тип 5, рубашки с вмятинами

Рис. 16.2. Конструкции соединительных элементов неразъемных рубашек с корпусом аппарата: *а* — тороконическое; *б* — коническое; *в* — кольцевое; *г* — конструктивное соединение рубашки с корпусом аппарата

Рис. 16.3. Конструкции отъемных рубашек: *а* — с эллипсоидальным днищем с нижним выпуском продукта (исполнение 1) и с верхним выпуском продукта (исполнение 2); *б* — с коническим днищем и с нижним выпуском продукта

Таблица 16.1

Основные данные неразъемных рубашек с 5ллиптическими днищами (рис.16.1 *а*), ОСТ 26-01-984 – 85

D	D_1	V, м^3	F, м^2	H	H_1	D	D_1	V, м^3	F, м^2	H	H_1
мм				мм		мм				мм	
219	273	0,010	0,16	234	150	1000	1100	0,630 0,800 1,000 1,250 1,600 2,000 2,500	2,20 3,00 3,50 4,50 5,70 7,70 9,30	579 849 999 1299 1699 2299 2799	280 550 700 1000 1400 2000 2500
273	325	0,010 0,016	0,18 0,26	197 297	100 200						
325	377	0,025 0,040	0,28 0,45	260 430	150 320						
377	426	0,040	0,40	302	180	1200	1300	1,000 1,250 1,600 2,000 2,500 3,200	3,10 3,90 5,30 6,10 7,60 10,30	669 899 1249 1449 1849 2549	320 550 900 1100 1500 2200
400	450	0,040 0,063 0,100 0,125	0,40 0,60 0,80 1,30	255 410 580 780	125 280 450 650						
500	550	0,100 0,100 0,160 0,320	0,60 0,80 0,90 1,50	305 435 605 1355	150 280 450 1200	1400	1500	1,600 2,000 2,500 3,200 5,000	4,50 5,40 6,90 8,70 14,50	849 1049 1399 1799 3099	450 650 1000 1400 2700
600	650	0,160 0,200 0,250 0,320	0,90 1,10 1,50 1,90	400 530 730 930	220 350 550 750	1600	1700	3,200 4,000 4,000 5,000 6,300 8,000	7,80 9,60 10,40 11,40 15,50 19,50	1349 1699 1849 2049 2849 3649	900 1250 1400 1600 2400 3200
700	800	0,250 0,320 0,400	1,20 1,70 2,10	459 659 859	250 450 650						
800	900	0,400 0,500 0,500 0,630 0,800 1,000 1,250	1,70 2,00 2,40 2,60 3,40 4,40 5,90	554 684 834 934 1234 1634 2234	320 450 600 700 1000 1400 2000	1800	1900	4,000 5,000 6,300 8,000 10,000 12,500	9,40 10,50 13,40 17,90 21,40 27,10	1399 1599 2099 2899 3499 4499	900 1100 1600 2400 3000 4000
900	1000	0,400 0,630 0,800 1,000	1,60 2,30 3,40 3,90	439 709 1059 1259	180 450 800 1000	2000	2200	6,300 8,000 10,000 16,000	13,00 16,20 21,30 31,50	1659 2153 2953 4553	1100 1600 2400 4000

Продолжение табл.16.1

D	D_1	V, м^3	F, м^2	H	H_1	D	D_1	V, м^3	F, м^2	H	H_1
мм				мм		мм				мм	
2200	2400	8,000 10,000 12,100 16,000 20,000	16,00 17,40 23,00 28,60 35,60	2013 2213 3013 3813 4813	1400 1600 2400 3200 4200	2800	3000	16,000 20,000 20,000 25,000 25,000 32,000 32,000 40,000	24,20 28,60 31,30 34,80 36,60 43,70 47,20 56,00	2363 2863 3163 3563 3763 4563 4963 5963	1600 2100 2400 2800 3000 3800 4200 5200
2400	2600	12,500 12,500 16,000 20,000 25,000	19,60 22,60 26,40 31,70 39,30	2263 2663 3163 3863 4863	1600 2000 2500 3200 4200						
2600	2800	16,000 20,000 20,000 25,000 32,000	25,10 30,00 31,70 38,30 48,10	2713 3313 3513 4313 5513	2000 2600 2800 3600 4800	3000	3200	25,000 25,000 32.000 32,000 50,000	33,30 35,20 41,80 43,70 66,40	3113 3313 4013 4213 6613	2300 2500 3200 3400 5800

Примечания. 1. Указанные диаметры аппарата D для значений до 377 мм и рубашек D_1 для значений до 426 мм наружные (обечайки изготовляются из сварных труб, остальные диаметры — внутренние (обечайки — из вальцованных листов). 2. Значения D_2 соответствуют следующим значениям D_1 мм:

D	До 500	600—1000	1200—1800	Св. 2000
D_2	100	140	200	250

3. Для $D_1 \leq 2200$ мм $h = 30$ мм, для $D_1 > 2200$ мм $h = 40$ мм.

Пример условного обозначения рубашки исполнения 1 при $D_1 = 1100$ мм, $H = 1299$ мм, $p = 0{,}6$ МПа с отбортовкой (О) или с кольцом (К):

Рубашка 1-1100-1299-6-О ОСТ 26-01-984—85;
Рубашка 1-1100-1299-6-К ОСТ 26-01-984—85.

Таблица 16.2

Основные данные неразъемных рубашек с коническими днищами (рис.16.1 *г*), ОСТ 26-01-985 – 85, ОСТ 26-01-986 – 85

D	D_1	При 2 α = 90°				При 2 α = 60°			
мм		V, м^3	F, м^2	H, мм	H_1, мм	V, м^3	F, м^2	H, мм	H_1, мм
273	325	0,010 0,018	0,2 0,3	224 274	100 150	0,016	0,3	336	150
325	377	0,025	0,3	302	150	0,025	0,3	358	125
377	426	0,063	0,7	581	400	0,040	0,5	427	150
400	450	0,063 0,100	0,5 0,8	367 637	180 450	0,063 0,100	0,7 0,8	503 623	200 320
500	550	0,100 0,160	0,6 1,2	378 703	125 450	0,125 0,200	0,9 1,6	613 943	220 550
600	650	0,160 0,250	0,9 1,4	474 744	180 450	0,250	1,6	858	400
700	800	0,250 0,400	1,2 1,9	559 879	180 500	0,320 0,400 0,500	1,6 2,3 2,7	795 1045 1245	200 450 650
800	900	0,400 0,630	1,8 2,7	715 1085	280 650	0,500 0,630	2,1 2,7	1035 1335	350 650
900	1000	0,630	2,4	891	400	0,630	2,3	1056	280
1000	1100	0,800 1,000 1,250 1,600	2,9 3,7 4,8 6,1	947 1197 1547 1947	400 650 1000 1400	0,800 1,000 1,250 1,600	2,7 3,3 4,5 6,1	1147 1317 1667 2117	280 450 800 1250
1200	1300	1,25 1,60 2,00 2,50	3,7 4,9 6,4 7,9	1034 1334 1734 2134	400 700 1100 1500	1,25 1,60 2,00 2,50	3,6 4,6 6,1 7,6	1285 1505 1905 2255	280 500 900 1250
1400	1500	2,00 2,50 3,20	5,4 6,5 8,5	1296 1546 1996	550 800 1250	2,00 2,50 3,20	4,7 6,0 8,3	1466 1736 2186	280 550 1000
1600	1700	3,20 4,00 5,00	7,3 9,3 11,4	1558 1958 2358	700 1100 1500	3,20 4,00 5,00	0,9 8,7 11,8	1817 2167 2767	450 800 1400

Продолжение табл.16.2

D	D_1	При 2 α = 90°				При 2 α = 60°			
мм		V, м^3	F, м^2	H, мм	H_1, мм	V, м^3	F, м^2	H, мм	H_1, мм
1800	1900	5,00 6,30	11,0 13,3	2070 2470	1100 1500	5,00 6,30	10,4 12,7	2348 2748	800 1200
2000	2200	8,00 8,00 — —	14,8 16,1 — —	2492 2692 — —	1400 1600 — —	8,00 12,50 16,00 16,00	14,1 23,0 30,7 32,0	2855 4255 5355 5555	1100 2500 3600 3800
2200	2400	8,00 10,00 12,50 12,50	14,0 17,5 22,4 23,8	2190 2690 3390 3590	1000 1500 2200 2400	8,00 8,00 10,00 10,00	13,0 14,4 15,5 17,2	2517 2717 2917 3117	600 800 1000 1200
2400	2600	12,50 12,50 16,00	19,9 20,4 25,7	2702 2902 3602	1400 1600 2300	10,00	15,9	2899	800
2600	2800	16,00 16,00 20,00 20,00	26,0 28,5 29,4 31,0	3414 3714 3814 4014	2000 2300 2400 2600	10,00 16,00 16,00 —	13,4 22,1 24,6 —	2500 3480 3780 —	220 1200 1500 —
2800	3000	20,00 20,00 25,00 25,00 32,00 32,00 40,00	25,3 29,7 35,9 37,7 43,0 46,6 55,4	3126 3626 4326 4526 5126 5526 6526	1600 2100 2800 3000 3800 4000 5000	16,00 16,00 20,00 20,00 25,00 25,00 —	20,3 22,5 25,6 29,2 34,5 36,3 —	3211 3461 3711 4061 4761 4961 —	750 1000 1250 1600 2300 2500 —

Примечания. 1. Указанные диаметры аппарата D для значений до 377 мм и рубашек для значений до 426 мм наружные (обечайки изготовляются из сварных труб), остальные диаметры внутренние (обечайки — из вальцованных листов). 2. Значениям D соответствуют следующие значения D_2, мм:

D	До 500	600—1000	1200—1800	2000 и более
D_2	90	120	170	200

3. Для $D_1 \leq 2200$ мм $h = 30$ мм, для $D_1 > 2200$ мм $h = 40$ мм.

Пример условного обозначения рубашки с 2α = 90° D_1 = 1100 мм, H = 1197 мм, p = 0,6 МПа с отбортовкой:

Рубашка 1100-1197-6-О ОСТ 26-01-985—85

и с 2 α = 60° с кольцом

Рубашка 1100-1197-6-К ОСТ 26-01-986—85.

Таблица 16.3

Размер толщин обечайки s (мм) и днища s_2 (мм) неразъемных рубашек (рис. 16.1), ОСТ 26-01-984 – 85, ОСТ 26-01-985 – 85, ОСТ 26-02-986 – 85

D_1	s	s_2			s	s_2			s	s_2			s	s_2		
		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
	Условное давление p_y, МПа															
	0,3				0,6				1,0				1,6			
273	4	4	—	—	4	4	—	—	4	4	—	—	6	6	—	—
325			4	4			6	4	4	4	6	6		6	8	6
377			4	4			6	4	6	6	6	6		6	8	8
426			4	4			6	6	6	10	6	6		10	8	8
450	4	6	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8
550			4		6						8	6	8	8	10	8
650			6		6						8	8	8	8	10	10
800	6	6	6	6	6	6	8	6	6	8	10	8	10	10	12	10
900								8	8	8	10	8	10	10	14	12
1000								8	8	8	10	10	10	12	16	12
1100								8	8	10	12	10	12	12	16	14
1300	6	8	6	6	8	8	10	8	10	10	14	12	14	14	18	16
1500		8	8	6		8	10	10	10	10	14	12	14	14	20	18
1700		10	8	8		10	12	10	12	12	16	14	—	—	—	—
1900	8	10	8	8	10	10	12	12	12	12	18	14	—	—	—	—
2200		12	10		10	12	14		14	14	20	16				
2400		12	10		12	12	14		14	14	20	18				
2600	8	12	10	8	12	12	16	14	—	—	—	—	—	—	—	—
2800	8	12	10	10	12	14	16	14								
3000	10	12	10	10	14	14	18	16								
3200	10	14	—	—	14	14	—	—								

Примечание. Значения s_2 даны для трех типов рубашек: тип 1 — с эллиптическими днищами (исполнения 1 и 2), тип 2 — с коническим днищем с углом при вершине конуса $2\alpha = 90°$ и тип 3 — с коническим днищем с углом при вершине конуса $2\alpha = 60°$.

Таблица 16.4

Основные данные рубашек из полутруб (рис. 16.1 *в*), ОСТ 26-01-987 – 85

D, мм	*V*, м³	*F*, м²	*H*, мм	*D*, мм	*V*, м³	*F*, м²	*H*, мм	*D*, мм	*V*, м³	*F*, м²	*H*, мм
600	0,25 0,32	0,9 1,4	430 630	1400	2,50 3,20 5,00	4,6 6,4 12,2	880 1280 2580	2400	12,50 12,50 16,00 20,00 25,00	14,5 17,5 21,3 26,6 34,2	1590 1990 2490 3190 4190
700	0,40	1,4	560	1600	3,20 4,00 4,00 5,00 6,30 8,00	5,2 7,0 7,8 8,8 12,9 16,9	830 1180 1330 1530 2330 3130	2600	16,00 20,00 20,00 25,00 32,00	18,3 23,2 24,9 31,5 41,3	1880 2480 2680 3480 4680
800	0,40 0,63 0,80 1,00 1,25	1,4 1,7 2,5 3,5 5,0	400 580 680 1280 1880								
900	0,63 0,80 1,00	1,7 2,4 2,9	500 700 900	1800	5,00 6,30 8,00 10,00 12,50	7,5 10,5 15,0 18,5 24,2	1080 1580 2380 2980 3980	2800	20,00 20,00 25,00 25,00 32,00 32,00 40,00	21,3 24,0 27,5 29,3 36,4 39,9 48,7	2030 2330 2730 2930 3730 4130 5130
1000	1,00 1,25 1,60 2,00 2,50	2,1 3,1 4,3 6,3 7,9	550 850 1250 1850 2350	2000	6,30 8,00 10,00 16,00	8,8 12,0 17,1 27,3	980 1480 2280 3880				
1200	1,60 2,00 2,50 3,20	3,6 4,4 5,9 8,6	800 1000 4400 2100	2200	8,00 10,00 12,50 16,00 20,00	11,4 12,8 18,4 24,0 31,0	1340 1540 2340 3140 4140	3000	25,00 25,00 32,00 32,00 50,00	25,5 27,4 34,0 35,9 58,6	2280 2480 3180 3380 5780

Примечания. 1. Значениям *D* соответствуют следующие значения *L*, мм:

D	До 1000	1200—1800	2000 и более
L	115	130	160

2. Рубашка может быть однозаходной и многозаходной с углом наклона витков до 5° и из отдельных частей, а также только на цилиндрической части аппарата.

Таблица 16.5

Основные размеры 5лементов рубашек из полутруб, мм

D	*R*	*h*	*t*	Толщина полутруб s_1 в зависимости от p_y, МПа		
				0,6—3,2	4,0	6,4
До 1000	28,5	20	80	4	4	5
Св. 1000	44,5	35	125	4	5	6

Пример условного обозначения рубашки для аппаратов с D = 1ООО мм, H = 125О мм, R = 28,5 мм:

Рубашка 1000-1250-28,5 ОСТ 26-01-987—85.

Таблица 16.6

Основные данные рубашек с вмятинами (рис.16.1 *г*), ОСТ 26-01-988 – 85

D, мм	*V*, м^3	*F*, м^2	*H*, мм	*D*, мм	*V*, м^3	*F*, м^2	*H*, мм
1600	3,2 4,0 4,0 5,0 6,3 8,0	7,8 9,6 10,4 11,4 15,5 19,5	1350 1700 1850 2050 2850 3650	2400	12,5 12,5 16,0 20,0 25,0	19,6 22,6 26,4 31,7 39,3	2260 2660 3160 3860 4860
1800	4,0 5,0 6,3 8,0 10,0 12,5	9,4 10,5 13,4 17,9 21,4 27,1	1400 1600 2100 2900 3500 4500	2600	16,0 20,0 20,0 25,0 32,0	25,1 30,0 31,7 38,3 48,1	2710 3310 3510 4310 5510
2000	6,3 8,0 10,0 16,0	13,0 16,2 21,3 31,5	1650 2150 2950 4550	2800	16,0 20,0 20,0 25,0 25,0 32,0 32,0 40,0	24,2 28,6 31,3 34,8 36,6 43,7 47,2 56,0	2360 2860 3160 3560 3760 4560 4960 5960
2200	8,0 10,0 12,5 16,0 20,0	16,0 17,4 23,0 28,6 35,6	2010 2210 3010 3810 4810	3000	25,0 25,0 32,0 32,0 50,0	33,3 35,2 41,8 43,7 66,4	3110 3310 4010 4210 6610

Примечания: 1. $D_1 = D + 80$ мм; для $D \leq 1800$ мм $D_2 = 200$ мм, для $D \geq 2000$ мм $D_2 = 250$ мм. 2. Сварные швы на рубашке располагаются симметрично между вмятинами.

Таблица 16.7

Размеры толщин стенок обечаек и днищ аппаратов и рубашек с вмятинами, ОСТ 26-01-988 – 74, мм

$p_у$, МПа	Диаметр рубашки аппарата *D*					
	1600		1800—2200		2400—3000	
	s	s_1	*s*	s_1	*s*	s_1
2,5 3,2 4,0	16 16 18	12 12 12	16 16 18	12 12 14	16 18 18	12 12 14

П р и м е ч а н и я . 1. Значение s — толщина стенок обечайки и днища аппарата, s_1 — толщина стенок обечайки и днища рубашки; значения толщин приведены из расчета их из стали марки Ст3сп с прибавкой c = 2 мм для стенок рубашек и c = 4 мм — для стенок корпуса аппарата. 2. Толщины стенок аппарата — для $p_у$ = О,6 МПа.

П р и м е р у с л о в н о г о о б о з н а ч е н и я рубашки с D_1 = 2О8О мм, H = 215О мм и толщиной стенки рубашки s_1 = 12 мм:

Рубашка 2080-21 50-12 ОСТ 26-01-988—85.

ГЛАВА 1Z

ШТУ¡ЕРА

Присоединение трубной арматуры к аппарату, а также технологических трубопроводов для отвода различных жидких или газообразных продуктов производится с помощью штуцеров или вводных труб, которые могут быть разъемными и неразъемными. По условиям ремонтоспособности чаще применя- ются разъемные соединения (фланцевые штуцера). Неразъемные соединения (на сварке) применяются при блочной компоновке аппаратов в кожухе, заполненном тепловой изоляцией, где длительное время не требуется осмотра соединений.

Стальные фланцевые штуцера стандартизированы и представляют собой патрубки из труб с приваренными к ним фланцами или кованые заодно с фланцами. В зависимости от толщины стенок патрубки штуцеров бывают тонкостенные и толстостенные, что вызывается необходимостью укрепления отверстия в стенке аппарата патрубком с разной толщиной его стенки.

На рис. 17.1 показаны некоторые конструкции стандартных стальных приварных фланцевых штуцеров, а в табл. 17.1 приведены некоторые типы штуцеров и пределы их применения, в табл. 17.2—17.4 — их основные размеры. Геометрические параметры стандартных стальных фланцев для соответствующих значений $p_у$ приведены в табл. 19.3 и 19.4.

Присоединение фланцевых штуцеров к цилиндрическому корпусу, днищу или крышке производится с определенным вылетом (рис. 17.2), который зависит от $p_у$, $D_у$, а также от толщины изоляции аппарата, если аппарат подлежит тепловой изоляции.

Рекомендуемые вылеты фланцевых штуцеров приведены в табл. 17.5. Вылеты безфланцевых штуцеров не стандартизированы, их можно принимать по соответствующим длинам патрубков фланцевых штуцеров.

При фланцевых соединениях на штуцерах с уплотнением выступ—впадина и шип—паз штуцера на аппарате рекомендуется устанавливать с впадиной и пазом. В этом случае присоединяемые части (трубная арматура, труба) должны иметь соответствующие фланцы с выступом и шипом.

Рис. 17.1. Конструкции стандартных стальных приварных фланцевых штуцеров: *а* — с приварным плоским фланцем и тонкостенным патрубком; *б* — с приварным фланцем встык и тонкостенным патрубком; *в* — кованый толстостенный; *г* — с приварным фланцем встык и толстостенным патрубком; *д* — вариант конструкции сварного толстостенного штуцера

Рис. 17.2. Вылеты фланцевых штуцеров: *а* — для тонкостенных (см. рис. 17.1, *а* и *б*); *б* — для толстостенных (см.рис.17.1, *г* и *д*)

Таблица 17.1

Типы штуцеров и пределы их применения в зависимости от давления и температуры среды, АТК 24.218.06

Тип и исполнение	Обозначение стандарта	Пределы применения		Допускаемая рабочая температура, °С	
		p_y, МПа	D_y, мм	от	до
Штуцера с фланцами стальными плоскими приварными с соединительным выступом (рис. 17.1, *а*)	АТК 24.218.06	0,6 1,0 1,6 2,5	25—500 50—500 20—500	—70	+300
Штуцера с фланцами стальными плоскими приварными с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2)	АТК 24.218.06	1,0 1,6 2,5	50—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными плоскими приварными с шипом (исполнение 1) или пазом (исполнение 2)	АТК 24.218.06	0,6 1,0 1,6 2,5	25—500 50—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными приварными встык с соединительным выступом (рис. 17.1, *б*)	АТК 24.218.06	0,6 1,0 1,6 2,5	25—500 200—500 50—500 20—500	—70	+550
Штуцера с фланцами стальными приварными встык с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2)	АТК 24.218.06	0,6 1,0 1,6 2,5 4,0 6,3	25—500 200—500 50—500 200—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными приварными встык с шипом (исполнение 1) или пазом (исполнение 2)	АТК 24.218.06	0,6 1,0 1,6 2,5 4,0 6,3	25—500 200—500 50—500 200—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными приварными встык под прокладку овального сечения	АТК 24.218.06	6,3 10,0 16,0	20—400 20—400 20—400	—70	+600

Продолжение табл.17.1

Тип и исполнение	Обозначение стандарта	Пределы применения		Допускаемая рабочая температура, °С	
		p_y, МПа	D_y, мм	от	до
Штуцера толстостенные кованые с соединительным выступом, тип 1 (рис. 17.1, *в*)	АТК 24.218.06	1,6 2,5	50—80 20—80	—70	+550
Штуцера толстостенные кованые с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2), тип 1	АТК 24.218.06	1,6 4,0	50—80 20—80		
Штуцера толстостенные кованые под прокладку овального сечения, тип 1	АТК 24.218.06	6,3 10,0 16,0	20—80 20—80 20—80	—70	+600
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык, с соединительным выступом, тип 2 (рис. 17.1, *г*)	АТК 24.218.06	1,6; 2,5	50—500	—70	+550
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык, с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2), тип 2	АТК 24.218.06	1,6 2,5 4,0; 6,3	50—500 200—500 50—500		
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык, с шипом (исполнение 1) или пазом (исполнение 2), тип 2	АТК 24.218.06	1,6 2,5 4,0; 6,3	50—500 200—500 50—500		
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык под прокладку овального сечения, тип 2	АТК 24.218.06	6,3 10,0 16,0	50—400 50—400 50—400	—70	+600

Таблица 17.2

Основные размеры патрубков, стандартных стальных фланцевых тонкостенных штуцеров (рис. 17.1 *а, г*), АТК 24.218.06, мм

$D_у$	$d_т$	Давление условное $p_у$, МПа							
		До 0,6		1,0		1,6		2,5	
		s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$
20	25	3	—	3	—	3	—	3	155; 215
25	32	3	155; 215	3	—	3	—	3	155; 215
32	38	3	155; 215	3	—	3	—	3	165; 225
40	45	3	155; 215	3	—	3	—	3	165; 225
50	57	3	155; 215	3	155; 215	3	165; 225	3	165; 225
80	89	4	155; 215	4	155; 215	4	165; 225	4	165; 225
100	108	5	155; 215	5	155; 215	5	165; 225	5	185; 245
125	133	6	155; 215	6	155; 215	6	185; 245	6	185; 245
150	159	6	155; 215	6	185; 245	6	185; 245	6	185; 245
200	219	6	160; 220	6	190; 250	6	190; 250	6	190; 250
250	273	8	160; 220	8	190; 250	8	190; 250	8	190; 250
300	325	8	190; 250	8	210; 270	8	210; 270	8	210; 270
350	377	9	190; 250	9	210; 270	9	210; 270	9	240; 300
400	426	10	210; 270	10	210; 270	10	240; 300	10	260; 320
500	530	12	210; 270	12	240; 300	12	260; 320	12	280; 340

$D_у$	$d_т$	Давление условное $p_у$, МПа							
		4,0		6,3		10,0		16,0	
		s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$
20	25	3	155; 215	3	175; 235	3	175; 235	4	175; 235
25	32	3	160; 220	3	175; 235	3	175; 235	5	175; 235
32	38	3	165; 225	3	180; 240	4	180; 240	5	185; 245
40	45	3	170; 230	4	185; 245	4	190; 250	5	195; 255
50	57	4	170; 230	4	190; 250	5	190; 250	6	205; 265
80	89	5	180; 240	6	190; 250	8	210; 270	10	220; 280
100	108	5	190; 250	6	200; 260	8	220; 280	10	235; 295
125	133	6	190; 250	8	215; 275	10	235; 295	14	250; 310
150	159	8	190; 250	8	225; 285	12	245; 305	16	260; 320
200	219	8	210; 270	12	230; 290	16	290; 350	20	315; 375
250	273	10	220; 280	12	265; 325	16	310; 370	25	335; 395
300	325	10	270; 330	12	300; 360	20	360; 420	28	400; 460
350	377	12	270; 330	16	320; 380	20	380; 440	32	470; 530
400	426	12	320; 380	16	335; 395	22	380; 440	36	480; 540
500	530	12	320; 380	—	—	—	—	—	—

Пример условного обозначения штуцера с $D_у$ = 300 мм на $p_у$ = 1,6 МПа,тип 1, исполнение 4, l = 230 мм, фланец из стали 20, патрубок из стали 20:

Штуцер 300-1,6-1-4-230-20 АТК 24.218.06

Таблица 17.3

Основные размеры патрубков стандартных стальных фланцевых кованых толстостенных штуцеров (рис. 17.1 *в*), АТК 24.218.06,

мм

$D_у$	$d_т$	Давление условное $p_у$, МПа									
		До 2,5		4,0		6,3		10,0		16,0	
		$s_т$	$H_т \pm 5$	$s_т$	$H_т \pm 5$	$s_т$	$H_т \pm 5$	$s_т$	$H_т \pm 5$	$s_т$	$H_т \pm 5$
20	38 48	10 —	200	10 —	200	— 16	240	— 16	280	— 16	320
25	45 52	10 —		10 —		— 16		— 16		— 16	
32	56 64	14 —		14 —		— 16		— 16		— 16	
(40)	64 74 76	14 —		14 — —		— 20 —		— — 20		— — 20	
50	76 86	14 —		14 —		— 20		— 20		— 20	
(65)	96 106 110	14 — —		14 — —		— 20 —		— — 24		— — 24	
80	110 112 120 124	16 — — —		— 16 — —		— — 20 —		— — — 24		— — — 24	

Пример условного обозначения кованого толстостенного штуцера с соединительным выступом типа 1 $D_у$ = 100 мм на $p_у$ = 1,6 МПа из стали 09Г2С:

Штуцер 1-100-1609Г2С АТК 24.218.06.

Таблица 17.4

Основные размеры стандартных стальных штуцеров с толстостенными патрубками с фланцами приварными встык (рис. 17.1 *г, д*), АТК 24.218.06,

мм

$D_у$	$d_т$	Давление условное $p_у$, МПа											
		1,6		2,5		4,0		6,3		10,0		16,0	
		s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$
50	65	—	230	—	230	—	230	—	250	12	270	12	300
	68	—		—		10		10		—		—	
	70	10		10		—		—		—		—	
	76	—		—		14		—		16		16	
	78	—		14		—		—		—		—	
	80	—		—		—		16		—		—	
(65)	82	—		—		—		—	255	12	280	—	310
	84	—		—		—		12		—		—	
	86	10		10		—		—		—		—	
	88	—		—		10		—		—		—	
	92	—		14		—		—		—		16	
	94	—		—		—		—		—		—	
	96	—		—		14		16		—		—	
	102	—		—		—		—		20		—	
	108	—		—		—		—		—		24	
80	96	—		—		—	240	—		12	290	—	320
	98	10		10		10		12		—		—	
	102	—		—		—		—		—		16	
	106	—		—		16		—		—		—	
	110	—		16		—		16		—		—	
	115	—		—		—		—		20		—	
	118	—		—		—		—		—		24	
100	121	12		12	240	12	250	—	260	—	300	—	330
	126	—		—		—		16		—		—	
	128	—		16		16		—		—		—	
	130	—		—		—		—		—		20	
	132	—		—		—		—		20		—	
	134	—		—		—		20		—		—	
	136	—		—		20		—		—		—	
	142	—		—		—		—		25		—	
	150	—		—		—		—		—		30	
125	145	12	240	12	250	12	250	—	280	—	315	—	350
	148	—		—		—		—		—		20	
	150	—		—		—		16		—		—	
	152	—		—		—		—		20		—	
	153	16		16		16		—		—		—	
	161	—		20		20		—		—		—	
	168	—		—		—		25		—		30	
	172	—		—		—		—		30		—	

Продолжение табл.17.4

$D_у$	$d_т$	Давление условное $p_у$, МПа											
		1,6		2,5		4,0		6,3		10,0		16,0	
		s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$
150	170	12	240	12	250	12	250	—	300	—	345	—	380
	178	16		16		16		—		—		—	
	182	—		—		—		20		—		—	
	186	20		20		25		—		—		—	
	188	—		—		—		—		25		—	
	190	—		—		—		—		—		30	
	202	—		—		—		30		—		—	
	208	—		—		—		—		35		—	
	210	—		—		—		—		—		40	
200	234	16		16	260	16	280	—	350	—	400	—	460
	238	—		—		—		20		—		—	
	242	—		20		20		—		—		—	
	250	—		—		—		—		30		—	
	252	25		—		—		—		—		—	
	258	—		—		—		30		—		—	
	262	—		30		35		—		—		40	
	270	—		—		—		—		40		—	
	278	—		—		—		40		—		—	
	280	—		—		—		—		45		—	
	282	—		—		—		—		—		50	
250	294	20	270	20	280	20	330	—	380	—	460	—	520
	296	—		—		—		—		30		—	
	304	—		25		—		—		—		—	
	305	—		—		—		—		—		40	
	306	—		—		—		30		—		—	
	314	30		—		30		—		—		—	
	316	—		—		—		—		40		—	
	325	—		35		—		40		—		50	
	334	—		—		40		—		—		—	
	346	—		—		—		50		55		—	
	365	—		—		—		—		—		70	
300	343	20	290	20	340	20	390	—	420	—	510	—	580
	344	—		—		—		—		30		—	
	354	—		—		—		30		—		—	
	363	30		30		30		—		—		—	
	370	—		—		—		—		—		50	
	383	—		40		—		—		—		—	
	384	—		—		—		—		50		—	
	390	—		—		—		—		—		60	
	393	—		—		45		—		—		—	
	394	—		—		—		50		—		—	
	410	—		—		—		—		—		70	
	414	—		—		—		60		—		—	
	424	—		—		—		—		70		—	

Продолжение табл.17.4

$D_у$	$d_т$	Давление условное $p_у$, МПа											
		1,6		2,5		4,0		6,3		10,0		16,0	
		s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$	s_t	$H_т$
350	391	20	330	—	370	—	420	—	480	—	560	—	670
	401	—		25		25		—		—		—	
	402	—		—		—		30		—		—	
	412	—		—		—		—		40		—	
	421	35		35		35		—		—		—	
	432	—		—		—		—		50		—	
	435	—		—		—		—		—		60	
	441	—		45		—		—		—		—	
	442	—		—		—		50		—		—	
	451	—		—		50		—		—		—	
	455	—		—		—		—		—		70	
	472	—		—		—		—		70		—	
	475	—		—		—		—		—		80	
	482	—		—		—		70		—		—	
400	446	—	340	—	400	—	470	30	520	—	580	—	720
	448	25		25		—		—		—		—	
	458	—		—		30		—		—		—	
	468	35		35		—		—		—		—	
	476	—		—		—		—		50		—	
	486	—		—		—		50		—		—	
	488	—		45		45		—		—		—	
	496	—		—		—		—		60		70	
	508	—		—		55		—		—		—	
	516	—		—		—		—		70		80	
	526	—		—		—		70		—		—	
	536	—		—		—		—		—		90	
500	548	25	400	—	450	—	520	—	—	—	—	—	—
	558	—		30		30							
	578	40		40		—							
	598	—		50		50							
	618	—		—		60							

Таблица 17.5

Вылеты H стандартных стальных фланцевых штуцеров (рис. 17.2), АТК 24.218.06,

мм

$D_у$	Тонкостенные штуцера								Толстостенные штуцера					
	Условное давление $p_у$, МПа													
	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10,9	16,0
20	—					130 (190)	130 (190)	130 (190)						
25	120 (180)	—	—	120 (180)	120 (180)	130 (190)	130 (190)	130 (190)	—	150 *	150 *	170 *	190 *	210*
32	120 (180)					130 (190)	130 (190)	130 (190)						
40	120 (180)					140 (200)	140 (200)	140 (200)						
50				120 (180)	120 (180)		140 (200)							
(65)	120 (180)	120 (180)	120 (180)	120 (180)	120 (180)	140 (200)	140 (200)	160 (220)	150 * 180	150 * 180	150 * 180	170 * 180	190 * 200	200 210*
80				140 (200)	140 (200)		160 (220)							
100		120 (180)	120 (180)		140 (200)	140 (200)	160 (220)	180 (240)	180	180			200	220
(125)	120 (180)		140 (200)	140 (200)		160 (220)	180 (240)	200 (260)	200	200	200	200	220	240
150		140 (200)	140 (200)		140 (200) 180 (240)	180 (240)	180 (240) 220 (280)	200 (260) 260 (320)	200	200	200 220	220 270	250 300	260 340
200														
250	120 (180)			150 (210)	180 (240)	200 (260)	240 (300)	260 (320)	220	220	270	300	360	400
300	130 (190)					220 (280)	280 (340)	300 (360)		260	320	340	410	450

Более подробные сведения по типам, основным параметрам, размерам и общим техническим сведениям следует смотреть в атласе типовых конструкций штуцеров (АТК 24.218.06).

ГЛАВА 18

УКРЕМЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В СТЕНКАХ АММАРАТА

18.1. КОНСТРУК¡ИИ

Различные отверстия в стенках корпуса, днища сварного аппарата для штуцеров и люков ослабляют стенки и поэтому должны быть большей частью укреплены. Укрепление осуществляется патрубком штуцера, утолщением укрепляемой стенки и укрепляющим кольцом. Наиболее рациональным и поэтому наиболее предпочтительным укреплением является укрепление патрубком штуцера.

На рис 18.1 показаны типовые конструкции укреплений отверстий в стенках сварных аппаратов. Укрепляющие кольца должны изготавливаться предпочтительно цельными [допускается выполнять их из двух половин, при этом сварной шов (со сплошным проваром) должен быть расположен под углом 45° к продольной оси аппарата, если штуцер помещен на цилиндрическом корпусе]. Все укрепляющие кольца, а также накладные бобышки должны иметь контрольные сквозные отверстия М1О, расположенные в нижней части кольца (бобышки) при рабочем положении аппарата для пневматического испытания герметичности сварных швов избыточным давлением О,6 МПа.

Рис. 18.1. Конструкции укреплений отверстий в стенках сварных аппаратов: *а* — приварным штуцером с внешней стороны; *б* — приварным штуцером с внешней и внутренней сторон; *в* — приварной вводной трубой; *г* — торовой вставкой; *д* — приварным снаружи накладным кольцом; *е* — приварными снаружи и изнутри накладными кольцами; ж — отбортованной стенкой; з — врезной бобышкой; *и* — накладной бобышкой

Нормы и методы укрепления отверстий в стенках аппаратов регламентированы ГОСТ 34233.3.

18.k. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

A — расчетная площадь вырезанного сечения обечайки или днища, подлежащего компенсации (см. рис. 18.2), мм^2;

A_1 — площадь укрепляющего сечения внешней части штуцера (см. рис. 18.2), мм^2;

A_2 — площадь поперечного сечения накладного кольца, мм^2;

A_3 — площадь укрепляющего сечения внутренней части штуцера (см. рис. 18.2), мм^2;

a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 — коэффициенты разложения в степенной ряд;

b — минимальное расстояние между наружными поверхностями двух соседних штуцеров, измеряемое по поверхности укрепляемого элемента (см. рис. 18.9 и 18.1О), мм;

c — сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки, перехода или днища, мм;

C_1, C_2, C_3, C_4 — параметры;

c_s, c_s', c_s'' — сумма прибавок к расчетным толщинам стенок штуцеров, мм;

c_{s1}, c_{s1}', c_{s1}'' — прибавка для компенсации коррозии стенки внутренней части штуцера, мм;

D — внутренний диаметр цилиндрической обечайки или выпуклого днища, мм;

$D_к$ — внутренний диаметр конической обечайки по центру укрепляемого отверстия, мм;

$D_р$, D_p', D_p'' — расчетные внутренние диаметры укрепляемых элементов, мм;

$D_с$ — диаметр срединной поверхности обечайки у отверстия, мм;

D_2 — наружный диаметр накладного кольца, мм;

d, d', d'' — внутренние диаметры штуцеров, мм;

d_0 — наибольший допустимый диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления, при наличии избыточной толщины стенки сосуда, мм;

$d_{0р}$ — расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления, при отсутствии избыточной толщины стенки сосуда (см. рис. 18.2), мм;

d_1 — максимальная ось симметрии отверстия некруглой формы или большая ось овального отверстия (см. рис. 18.12а и 18.17), мм;

d_2 — минимальная ось симметрии отверстия некруглой формы или малая ось овального отверстия (см. рис. 18.12а и 18.17), мм;

$d_р$ — расчетный диаметр отверстия, мм;

F_z, F_x, F_y — внешняя осевая и внешние поперечные силы в месте пересечения оси штуцера с образующей цилиндрической обечайки или выпуклого днища (см. рис. 18.21), Н;

$[F]$ — допускаемая сжимающая осевая сила, определяемая из условия прочности обечайки штуцера, Н;

$[F_z]$ — допускаемое осевое усилие на штуцер, Н;

$[F_z]$; $[F_{z1}]$; $[F_{z2}]$ — допускаемые осевые усилия из условия прочности обечайки и выпуклых днищ, Н;

H — высота выпуклой части эллиптического днища до внутренней поверхности, мм;

K_1, K_2, K_3, K_4 — вспомогательные коэффициенты;

K_σ — эффективный коэффициент концентрации напряжений;

L_0 — ширина зоны укрепления отверстия (см. рис. 18.2), мм;

$L_к$ — расстояние от наружной поверхности штуцера до ближайшего несущего конструктивного элемента (см. рис. 18.15), мм;

L_2 — расчетная ширина зоны укрепления при наличии общего накладного кольца для двух отверстий, мм;

l — исполнительная ширина торообразной вставки или вварного кольца (см. рис. 18.8), мм;

$l_р$ — расчетная ширина зоны укрепления в стенке обечайки, перехода или днища в окрестности штуцера или торообразной вставки, мм;

l_1, l_1', l_1'', l_3, l_3', l_3'' — исполнительные длины патрубков штуцеров (см. рисунки 18.2–18.1О, 18.12–18.15), мм;

$l_{1р}$, $l_{3р}$ — расчетные длины штуцера (см. рис. 18.2), мм;

$l_{1р}'$, $l_{1р}''$, $l_{3р}'$, $l_{3р}''$, — расчетные длины взаимовлияющих штуцеров, мм;

l_2, l_2', l_2'' — исполнительная ширина накладных колец (см. рисунки 18.3, 18.5, 18.6, 18.9, 18.12–18.15), мм;

$d_с$ — диаметр срединной поверхности штуцера, мм;

d_{max} — максимальный диаметр отверстия, мм;

e — расстояние от наружной поверхности штуцера до внешнего края днища (см. рис. 18.14), мм;

l_{2p} — расчетная ширина накладного кольца, мм;

l_5 — расстояние от центральной оси выпуклого днища до наиболее удаленной точки кромки отверстия (см. рис. 18.21б), мм;

M_b — внешний изгибающий момент в месте пересече- ния оси штуцера с образующей выпуклого дни- ща (см. рис. 18.21б), Н·мм;

M_x — внешний изгибающий момент в окружном на- правлении в месте пересечения оси штуцера с образующей цилиндрической обечайки (см. рис. 18.21а), Н·мм;

M_y — внешний изгибающий момент в продольном на- правлении в месте пересечения оси штуцера с образующей цилиндрической обечайки (см. рис. 18.21а), Н·мм;

M_z — крутящий момент в месте пересечения оси штуце- ра с образующей обечайки (см. рис. 18.21а), Н·мм;

$[M]$ — допускаемый изгибающий момент, определяемый из условия прочности обечайки штуцера, Н·мм;

$[M_x]$; $[M_{x1}]$; $[M_{x2}]$; $[M_y]$; $[M_{y1}]$; $[M_{y2}]$ — допускаемые изгибающие моменты из условия прочности обечайки, Н·мм;

$[M_b]$; $[M_{b1}]$; $[M_{b2}]$ — допускаемые изгибающие моменты из условия прочности выпуклых днищ, Н·мм;

p — расчетное давление в сосуде или аппарате (внутреннее избыточное или наружное), МПа;

p_{pH} — расчетное наружное давление для определения толщины стенки сосуда или аппарата с отверстием, не требующим дополнительного укрепления, МПа;

$[p]$ — допускаемое давление в элементе, МПа;

$[p]_п$ — допускаемое давление в пределах пластичности из условия прочности, МПа;

$[p]_E$ — допускаемое давление в пределах упругости из условия устойчивости, определяемое для соответствующих обечайки и днища без отверстий по ГОСТ 34233.2, МПа;

R — наибольший внутренний радиус кривизны выпуклого днища, мм;

$R_с$ — радиус кривизны срединной поверхности выпуклого днища у отверстия, мм;

$R_н$ — радиус кругового накладного кольца при совместном укреплении отверстий (см. рис. 18.1О), мм;

R' — радиус несимметричного накладного кольца около отверстия диаметром d' (см. рис. 18.1О), мм;

R'' — радиус несимметричного накладного кольца около отверстия диаметром $d»$ (см. рис. 18.1О), мм;

r — радиус отбортовки по внутренней поверхности укрепляемого элемента или торовой части торообразной вставки (см. рис. 18.7 и 18.8а), мм;

s — исполнительная толщина стенки обечайки, перехода или днища в зоне расположения штуцера, а также толщина торообразной вставки или вварного кольца, мм;

$s_О$ — исполнительная толщина стенки обечайки, перехода или днища за пределами торообразной вставки или вварного кольца (см. рис. 18.8), мм;

$s_р$ — расчетная толщина стенки обечайки, перехода или днища, а также расчетная толщина торообразной вставки или вварного кольца, мм;

$s_э$ — эквивалентная толщина стенки, мм;

s_{pH} — расчетная толщина стенки обечайки, перехода или днища для определения диаметра отверстия, не требующего дополнительного укрепления, мм;

s_1, s_1', s_1'' — исполнительные толщины стенок штуцеров, мм;

$s_{1P}, s_{1P}', s_{1P}''$ — расчетные толщины стенок штуцеров, мм;

s_2, s_2', s_2'' — исполнительные толщины накладных колец, мм;

s_2, s_2', s_2'' — исполнительные толщины внутренних частей штуцеров, мм;

t — длина отверстия в окружном направлении (см. рис. 18.13), мм;

V — расчетный коэффициент снижения прочности стенки цилиндрической и конической обечаек или выпуклых днищ, ослабленных отверстиями, при действии внутреннего избыточного или наружного давления;

x — расстояние от центра укрепляемого отверстия до оси эллиптического днища, мм;

α_p, α_z, α_M — коэффициенты концентрации напряжений около штуцера;

α — половина угла при вершине конической обечайки, град;

β — угол между линией, соединяющей центры двух взаимовлияющих отверстий, и образующей обечайки (см. рис. 18.11а), град;

β_1, β_2 — углы между линиями, соединяющими центры двух взаимовлияющих отверстий, и образующей обечайки (см. рис. 18.18), град;

γ — угол между осью наклонного штуцера и нормалью к поверхности обечайки или днища в точке пересечения оси штуцера с внешней поверхностью обечайки или днища (см. рис. 18.12б, 18.14а), град;

γ', γ'' — углы между осями наклонных штуцеров и нормалями к поверхности обечаек или днищ в случае взаимовлияющих отверстий (см. рис. 18.9в), град;

λ_c — геометрический параметр для цилиндрической обечайки;

λ_s — геометрический параметр для выпуклого днища;

σ_a — амплитуда напряжений, МПа;

σ_a, σ_F, σ_M, σ_{Mx}, σ_{My}, σ_T — расчетные напряжения, МПа;

$\Delta\sigma_a$, $\Delta\sigma_F$, $\Delta\sigma_M$, $\Delta\sigma_{Mx}$, $\Delta\sigma_{My}$, — размахи напряжений, МПа;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение для материала обечайки, конического перехода или выпуклого днища при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_1$ — допускаемое напряжение для материала внешней части штуцера при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_2$ — допускаемое напряжение для материала накладного кольца при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_3$ — допускаемое напряжение для материала внутренней части штуцера при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]_4$ — допускаемое напряжение для материала торообразной вставки или вварного кольца при расчетной температуре, МПа;

Φ , Φ , Φ — отношения нагрузок;

φ — коэффициент прочности сварного соединения;

$\varphi_1, \varphi_1', \varphi_1''$ — коэффициенты прочности продольных сварных швов штуцеров;

χ_1, χ_2, χ_3, χ_4, χ_1', χ_2', χ_3', χ_1'', χ_2'', χ_3'' — отношения допускаемых напряжений;

ψ — угол между плоскостью, проходящей через ось продольного шва штуцера и ось этого штуцера, и плоскостью продольного осевого сечения цилиндрической или конической обечайки, проходящей через центр отверстия (см. рис. 18.16), град;

ψ', ψ'' — углы между плоскостями, проходящими через оси и продольные швы штуцеров, и плоскостью, проходящей через оси штуцеров (см. рис. 18.16), град;

ω — угол между большей осью овального отверстия и проекцией образующей обечайки на плоскость продольного осевого сечения сосуда (см. рисунки 18.12а и 18.17), град.

18.3. РАС ЕТНЫЕ СХЕМЫ

Рис. 18.2. Компенсация вырезанного сечения штуцером произвольной формы

Рис. 18.3. Основная расчетная схема соединения штуцера со стенкой сосуда

Рис. 18.4. Укрепление отверстий утолщением стенки сосуда или штуцера

Рис. 18.5. Укрепление отверстий накладным кольцом

Рис. 18.6. Укрепление отверстий накладным кольцом при наличии проходящего штуцера

Рис. 18.7. Укрепление отверстий отбортовкой

Рис. 18.8. Укрепление отверстий торообразной вставкой или вварным кольцом

Рис. 18.9. Укрепление взаимовлияющих отверстий

Рис. 18.1О. Совместное укрепление взаимовлияющих отверстий:
а — укрепление круговым накладным кольцом; б — укрепление несимметричным кольцом

Рис. 18.11. Общий случай расположения взаимовлияющих отверстий

Рис. 18.12. Наклонные штуцеры на обечайке

Рис. 18.13. Наклонные штуцеры на обечайке в плоскости поперечного сечения

Рис. 18.14. Смещенные штуцеры на выпуклом днище

Рис. 18.15. Укрепление отверстий при наличии близко расположенных конструктивных элементов

Рис. 18.16. Учет влияния сварных швов

Рис. 18.17. Отверстие для овального штуцера, перпендикулярного поверхности обечайки

Рис. 18.2О. Ряды отверстий

а

б

Рис. 18.21. Внешние статические нагрузки
а — цилиндрическая обечайка при внешних статических нагрузках на штуцер;
б — сферическое днище при внешних статических нагрузках на штуцер

18.4. ОБиИЕ МОЛОХЕНИЯ

Свойства материалов, требования к конструкции, изготовлению и контролю должны отвечать требованиям нормативных документов на сосуды и аппараты.

Расчет укрепления отверстий в обечайках и днищах основан на теории предельных нагрузок. В настоящем стандарте приведены условия прочности цилиндрических обечаек, конических переходов и выпуклых днищ, ослабленных круглыми и овальными отверстиями. Теория предельных нагрузок предполагает, что материал в условиях эксплуатации пластичен.

Расчет укрепления отверстий в обечайках и днищах под действием внутреннего избыточного или наружного давления представлен в разделе 5 в форме модифицированного метода замещения площадей.

Пределы применения расчетных формул настоящего стандарта ограничиваются условиями, приведенными в табл. 18.1. Кроме того, методика расчета на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер применима при выполнении условий, приведенных в 6.1.1 и 6.2.1 ГОСТ 34233.3.

Таблица 18.1

Пределы применения расчетных формул

Наименование параметра	Пределы применения формул для расчета укрепления отверстий			
	в цилиндрических обечайках	в конических обечайках, переходах или днищах (крышках)	в эллиптических днищах (крышках)	в сферических и торосферических днищах (крышках)
Отношение диаметров[1]	$\frac{d_p - 2c_s}{D} \le 1$	$\frac{d_p - 2c_s}{D_к} \le 1$	$\frac{d_p - 2c_s}{D} \le 0,6$	$\frac{d_p - 2c_s}{D} \le 0,6$
Отношение толщины стенки обечайки или днища к диаметру[2]	$\frac{s - c}{D} \le 0,1$	$\frac{s - c}{D_к} \le \frac{0,1}{\cos\alpha}$	$\frac{s - c}{D} \le 0,1$	$\frac{s - c}{D} \le 0,1$

Примечание. 1. При расчете на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер для цилиндрических обечаек $\frac{d_р - 2c_s}{D} \le 0,8$, для выпуклых днищ и крышек — $\frac{d_p - 2c_s}{D} \le 0,6$.

2. Допускается выполнять расчет укрепления отверстий в трубах диаметром D < 2ОО мм при по разделу 5, главы 18.

Расчет на прочность обечаек и днищ под совместным действием давления, внешних статических нагрузкок на штуцер и нагружения, вызванного стесненностью температурных деформаций, представлен в разделе 18.6. Там же приведены условия прочности цилиндрических обечаек и выпуклых днищ в зонах врезки штуцеров с круглым поперечным сечением, нормально расположенных к поверхности.

При выполнении расчета в соответствии с разделом 18.6 обязательным является также проведение расчета укрепления отверстий при действии только давления в соответствии с разделом 18.5.

Если сосуд работает в условиях малоциклового нагружения, то в дополнение к расчету узлов врезки штуцеров по настоящему стандарту выполняют расчет на малоцикловую прочность в соответствии с ГОСТ 34233.6.

В тех случаях, когда соотношения размеров превышают пределы, указанные в табл. 18.1 или в 6.1.1 и 6.2.1 ГОСТ 34233.3, или когда материал не обладает достаточной пластичностью, или когда по каким-либо другим параметрам и условиям эксплуатации не выполняются условия применения настоящего стандарта, допускается применять другие методы расчета. Методы определения напряжений могут быть численными, аналитическими или экспериментальными. Для качественного определения напряжений рекомендуется использование проверен- ных и общепризнанных методов. Ответственность за выбранную методику расчета и правильность результатов расчета несет организация, выполнявшая расчет.

Проверку выполнения условий прочности проводят в соответствии с ГОСТ 34233.1 (пункт 8.1О).

18. . РАС ЕТ YКРЕМЛЕНИЯ ОТВЕРСТИŇ МРИ ДЕŇСТВИИ ДАВЛЕНИЯ

18. 1. Yсловия мрименения рас етных формyл

Расчетные формулы применимы при отношениях диаметров отверстий и расчетных толщин стенок укрепляемых элементов к внутреннему диаметру цилиндрических обечаек, конических переходов и выпуклых днищ, представленных в табл. 18.1.

Расчетные схемы узлов соединения штуцеров с обечайками и днищами приведены в разделе 18.3.

Рисунки не определяют конструкции, а являются справочными для указания необходимых расчетных размеров.

Основная расчетная схема соединения штуцера со стенкой сосуда или аппарата представлена на рис. 18.3.

Расчет укрепления отверстий при действии внутреннего давления можно проводить как относительно величины допускаемого давления — в соответствии с 5.3.2 ГОСТ 34233.3, так и относительно необходимых площадей укрепляющих элементов — в соответствии с 5.3.4 ГОСТ 34233.3.

Расчет укрепления отверстий при действии наружного давления следует проводить в соответствии с 5.3.3 ГОСТ 34233.3.

Учет взаимного влияния отверстий в сосудах и аппаратах при расчете укрепления отверстий производится в соответствии с разделом 18.5.4.

При установке наклонных штуцеров с круговым поперечным сечением на цилиндрических и конических обечайках метод расчета укрепления отверстий на основе теории предельного равновесия применим, если угол γ (см. рис. 18.12, *б*) не превышает 45°, а отношение осей овального отверстия d_1 и d_2 (см. рис. 18.12, *а*) удовлетворяет условию

$$\frac{d_1}{d_2} \le 1 + 2\frac{\sqrt{D_р(s-c)}}{d_2}. \tag{18.1}$$

Эти ограничения не распространяются на тангенциальные штуцеры (см. рис. 18.13, *а*), на наклонные штуцеры, ось которых лежит в плоскости поперечного сечения обечайки (см. рис. 18.13, *б*).

Для смещенных штуцеров на эллиптических днищах угол γ (см. рис. 18.14, *а*) не должен превышать 60°.

Для смещенных штуцеров на сферических и торосферических днищах угол γ не регламентируется.

Расстояние от края штуцера до края внешней поверхности сферического неотбортованного и торосферического днища, измеряемое по проекции образующей днища на плоскость его основания (см. рис. 18.14, *а*), должно быть не менее $e = \max\{0{,}1(D + 2s);\ 0{,}09D + s\}$.

Допускается размещать в краевой зоне выпуклых днищ без специальных расчетных или экспериментальных обоснований малые отверстия, диаметр которых удовлетворяет условию

$$d_р \le \max\left\{(s-c);\ 0{,}2\sqrt{D_р(s-c)}\right\}. \tag{18.2}$$

При размещении отверстий в краевой зоне цилиндрических и конических обечаек необходим учет ограничений, указанных в 5.2.6.4 ГОСТ 34233.3.

В краевой зоне эллиптических и полусферических днищ допускается размещение отверстий без ограничений.

18. .k. Основные формулы расчета укрепления отверстий

18. .k.1. Расчетные диаметры укрепляемых элементов

Расчетные диаметры укрепляемых элементов вычисляют по формулам:

– для цилиндрической обечайки

$$D_р = D; \tag{18.3}$$

– для конической обечайки, перехода или днища

$$D_р = \frac{D_к}{\cos\alpha}; \tag{18.4}$$

– для эллиптических днищ и крышек

$$D_р = \frac{D^2}{2H}\sqrt{1 - 4\frac{\left(D^2 - 4H^2\right)}{D^4}x^2}; \tag{18.5}$$

– для эллиптических днищ при $H = 0{,}25D$

$$D_р = 2D\sqrt{1 - 3\left(\frac{x}{D}\right)^2}; \tag{18.6}$$

– для сферических днищ, а также торосферических днищ вне зоны отбортовки

$$D_р = 2R, \tag{18.7}$$

где R — для торосферических днищ определяют по ГОСТ 34233.2.

18. .k.k. Расчетные диаметры отверстий

Расчетный диаметр отверстия в стенке обечайки, перехода или днища при наличии штуцера с круглым поперечным сечением, ось которого совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия (рис. 18.2; 18.3-18.6; 18.9, *а*; 18.9, *б*; 18.1О; 18.14, *б*; 18.15) или кругового отверстия без штуцера, вычисляют по формуле

$$d_р = d + 2c_s. \tag{18.8}$$

Расчетный диаметр отверстия для штуцера, ось которого лежит в плоскости поперечного сечения цилиндрической или конической обечайки (рис. 18.13), вычисляют по формуле

$$d_р = \max\{d; О,5t\} + 2c_s. \tag{18.9}$$

Расчетный диаметр отверстия для смещенного штуцера на эллиптическом днище (рис. 18.14, *а*) вычисляют по формуле

$$d_р = \frac{d + 2c_s}{\sqrt{1 + c\frac{2x}{D_р}m^2}}. \tag{18.1О}$$

При наличии наклонного штуцера с круглым поперечным сечением, когда большая ось овального отверстия с образующей обечайки составляет угол ω (рис. 18.12), расчетный диаметр отверстия вычисляют по формуле

$$d_р = (d + 2c_s)\,(1 + \mathrm{tg}^2\gamma\cos^2\omega). \tag{18.11}$$

Для цилиндрических и конических обечаек, когда ось штуцера (рис. 18.12 *б*) лежит в плоскости продольного сечения обечайки (ω = О), и для всех отверстий в сферических и торосферических днищах расчетный диаметр вычисляют по формуле

$$d_р = \frac{d + 2c_s}{\cos^2 c}. \tag{18.12}$$

Расчетный диаметр овального отверстия для перпендикулярно расположенного штуцера к поверхности обечайки вычисляют по формуле (рис. 18.17)

$$d_р = \wedge d_2 + 2c_s h < siИ^2 \sim + \frac{\wedge d_1 + 2c_s h \wedge d_1 + d_2 + 4c_s h}{2\wedge d_2 + 2c_s h^2}\cos^2 \sim F. \tag{18.13}$$

Для выпуклых днищ ω = О.

Расчетный диаметр отверстия для штуцера с круглым поперечным сечением, ось которого совпадает с нормалью к поверхности обечайки в центре отверстия, при наличии отбортовки или торообразной вставки вычисляют по формуле

$$d_р = d + 1,5\wedge r - s_р h + 2c_s. \tag{18.14}$$

Если $r < s_р$, расчетный диаметр отверстий вычисляют по формуле (18.8).

18. .k.3. Коэффициент хроности сварных соединений

Если ось сварного шва обечайки (днища) удалена от наружной поверхности штуцера на расстояние более чем три толщины укрепляемого элемента 3*s*, то коэффициент прочности этого сварного соединения при расчете укрепления отверстий следует принимать φ = 1. В исключительных случаях, когда сварной шов пересекает отверстие или удален от наружной поверхности штуцера на расстояние менее 3*s*, принимают φ ≤ 1 в зависимости от вида и качества сварного шва, приведенному в ГОСТ 34233.1.

Если плоскость, проходящая через продольный шов вальцованного штуцера и ось этого штуцера, образует угол ψ не менее 6О° с плоскостью продольного осевого сечения цилиндрической или конической обечайки (рис. 18.16), то принимают φ = 1. В остальных случаях φ ≤ 1 в зависимости от вида и качества

сварного шва.

18. .k.4. Расчет тол□ины стенои

Расчетные толщины стенок укрепляемых элементов определяют в соответствии с ГОСТ 34233.2. Для эллиптических днищ, работающих под внутренним давлением, расчетную толщину стенки $s_р$ вычисляют по формуле

$$s_р = \frac{pD_р}{4\varphi 6\sigma @ - p}, \tag{18.15}$$

где коэффициент φ определяют по 18.3.2.

Расчетную толщину стенки штуцера, нагруженного как внутренним, так и наружным давлением, вычисляют по формуле

$$s_{1р} = \frac{p \wedge d + 2c_s h}{2 ' \sigma @_1 \varphi_1 - p}, \tag{18.16}$$

где коэффициент φ_1 определяют по 18.5.2.3.

Для овального штуцера в этой формуле $d = d_1$.

18. .k. . Расчетные длины штуцеров

Расчетные длины внешней и внутренней частей круглого штуцера, участвующие в укреплении отверстий и учитываемые при расчете (рис. 18.2), вычисляют по формулам:

$$l_{1р} = \text{miИ}\#l_1;\ 1,25\sqrt{\wedge d + 2c_s h \wedge s_1 - c_s h} - , \tag{18.17}$$

$$l_{3р} = \text{miИ}\#l_3;\ 0,5\sqrt{\wedge d + 2c_s h \wedge s_3 - c_s - c_{s1} h} - . \tag{18.18}$$

Для овального штуцера (рис. 18.17) в этих формулах $d = d_2$.

В случае проходящего штуцера (рис. 18.7, 18.9, 18.1О, 18.14 и 18.15)) $s_3 = s_1$.

18. .k.6. Расчетная ширина зоны уирехления

Ширину зоны укрепления в обечайках, переходах и днищах вычисляют по формуле

$$L_о = \sqrt{D_р \wedge s - c h}\ . \tag{18.19}$$

Расчетную ширину зоны укрепления в стенке обечайки, перехода или днища в окрестности штуцера с отбивкой при наличии торообразной вставки или вварного кольца (рис. 18.8) вычисляют по формуле

$$l_р = \text{miИ}\ \{l;\ L_о\}. \tag{18.2О}$$

В случае отбортовки (рис. 18.7), а также при отсутствии торообразной вставки или вварного кольца

$$l_р = L_о. \tag{18.21}$$

Расчетную ширину накладного кольца вычисляют по формуле

$$l_{2р} = \text{miИ}\#l_2;\sqrt{D_р \wedge s_2 + s - c h} - . \tag{18.22}$$

Для отверстий, удаленных от других конструктивных элементов на расстояние $L_К < L_о$ (рис. 18.15), расчетную ширину $l_р$, $l_{2р}$ определяют следующим образом:

– для зоны соединения обечайки с кольцом жесткости, плоским днищем, трубной решеткой (рис. 18.15 *а*) — по формулам (18.2О) или (18.21) и (18.22);
– для зоны соединения конической обечайки с другой обечайкой и обечайки с коническим или выпуклым днищем, а также с фланцем или седловой опорой сосуда (рис. 18.15, *б*, *в*, *г*)по формулам:

$$l_р = L_К;\ l_{2р} = \text{miИ}\{l_2;\ L_К\}. \tag{18.23}$$

18. .k.Z. Yuet хрименения paslиuного материального исхолнения

Применение различных материалов при расчете укрепления отверстий учитывают введением параметров, зависимых от отношения допускаемых напряжений:

– для внешней части штуцера $\chi_1 = \min\left\{1; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]}\right\}$;

– для накладного кольца $\chi_2 = \min\left\{1; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]}\right\}$;

– для внутренней части штуцера $\chi_3 = \min\left\{1; \frac{[\sigma]_3}{[\sigma]}\right\}$;

– для торообразной вставки или вварного кольца $\chi_4 = \min\left\{1; \frac{[\sigma]_4}{[\sigma]}\right\}$,

в случае использования других способов укрепления $\chi_4 = 1$.

18. .k.8. Расцетный диаметр отверстия, не требую□ий дохолнительного уирехления

Расчетный диаметр отверстия, не требующий дополнительного укрепления, вычисляют по формуле

$$d_{\text{ор}} = 0,4\sqrt{D_{\text{р}} \wedge s - c\text{h}}\ . \tag{18.24}$$

18.6. ОДИНО НЫЕ ОТВЕРСТИЯ В СОСУДАХ И АММАРАТАХ

Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие не оказывает на него влияния, что имеет место, когда расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров (рис. 18.3) удовлетворяет условию

$$b \geq \sqrt{D_{\text{р}}'(s-c)} + \sqrt{D_{\text{р}}''(s-c)}\ . \tag{18.25}$$

18.6.1. Рас етныЙ диаметр одино ного отверстия, не требуюuего домолнительного укремления мри нали ии избыто ноЙ толuины стенки сосуда

Наибольший допустимый диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления при наличии избыточной толщины стенки сосуда, вычисляют по формуле

$$d_0 = \min\left\{2\left(\frac{s-c}{s_{pn}} - 0,8\right)\sqrt{D_{\text{р}}(s-c)}; (d_{\max} + 2c_s)\right\}, \tag{18.26}$$

$$\text{где } d_{\max} = \begin{cases} D - \text{для отверстий в цилиндрических обечайках;} \\ D_K - \text{для отверстий в конических обечайках;} \\ 0,6D - \text{для отверстий в выпуклых обечайках.} \end{cases} \tag{18.27}$$

$$s_{pn} = \begin{cases} s_{\text{р}} - \text{в случае внутреннего давления;} \\ \dfrac{p_{pn} D_{\text{р}}}{2K_1[\sigma] - p_{pn}} - \text{в случае наружнего давления,} \end{cases} \tag{18.28}$$

где $K_1 = 1$ — для цилиндрических и конических обечаек; $K_1 = 2$ — для выпуклых днищ;

$$p_{pn} = \frac{p}{\sqrt{1 - \left(\frac{p}{[p]_E}\right)^2}}, \tag{18.29}$$

$[p]_E$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости, определяемое по ГОСТ 34233.2 для соответствующих обечайки и днища без отверстий.

Если расчетный диаметр одиночного отверстия удовлетворяет условию

$$d_{\text{р}} \leq d_{\text{О}} \tag{18.3О}$$

и на узел врезки не действуют никакие нагрузки, кроме давления, то дальнейших расчетов укрепления отверстий не требуется.

В случае невыполнения условия (18.3О), а также если отверстие нельзя рассматривать как одиночное или если необходимо учитывать другие нагрузки, кроме давления, то расчет укрепления отверстий проводят в соответствии с 18.6.2, 18.6.3, 18.7, 18.8.1.1 – 18.8.1.5 и 18.9.1 – 18.9.5.

18.6.k. Укремление одино ных отверстиň в сосудах и аммаратах, нагрухенных внутренним избыто ным давлением

Допускаемое внутреннее избыточное давление элемента сосуда с учетом ослабления стенки отверстием вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{2K1 \cdot \varphi[\sigma](s-c)V}{D_р + (s-c)V}, \tag{18.31}$$

где $K_1 = 1$ — для цилиндрических и конических обечаек; $K_1 = 2$ — для выпуклых днищ.

Коэффициент снижения прочности стенки сосуда, ослабленной одиночным отверстием, вычисляют по формуле

$$V = \min\left\{\frac{(s_0 - c)}{(s-c)}; \frac{\chi_4 + \dfrac{l_{1р}(s_1 - c_5)\chi_1 + l_{2р} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3р}(s_3 - c_5 - s_1)\chi_3}{l_р(s-c)}}{1 + 0,5\dfrac{d_р - d_{0р}}{l_р} + K_1 \dfrac{d + 2c_5}{D_р}\left(\dfrac{\varphi}{\varphi_1}\right)\left(\dfrac{l_{1p}}{l_р}\right)}\right\}. \tag{18.32}$$

Для овального штуцера в этой формуле $d = d_1$.

При отсутствии вварного кольца или торообразной вставки в формуле (18.32) следует принимать $s_О = s$, $\chi_4 = 1$.

При отсутствии накладного кольца и укреплении отверстия штуцером расчет следует проводить по формуле (18.32), в которой $s_2 = О$, $s_О = s$, $\chi_4 = 1$.

При отсутствии штуцера и укреплении отверстия накладным кольцом расчет следует проводить по формуле (18.32), в которой $l_{1р} = l_{3р} = О$, $s_О = s$, $\chi_4 = 1$, при этом исполнительную ширину накладного кольца отсчитывают от края отверстия.

18.6.3. Укремление одино ных отверстиň в сосудах и аммаратах, нагрухенных нарухным давлением

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_П}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{[p]_П}{[p]_E}\right)^2}}, \tag{18.33}$$

где $[p]_П$ — допускаемое наружное давление в пределах пластичности определяется по формуле (18.31) как допускаемое внутреннее избыточное давление для сосуда или аппарата с отверстием при φ, равном 1;
$[p]_E$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости, определяемое по ГОСТ 34233.2 для соответствующих обечайки и днища без отверстий.

18.6.4. Условие укремления одино ных отверстиň

Площадь сечений укрепляющих элементов при укреплении штуцером равна сумме площадей поперечных сечений внешней и внутренней (пропущенной) части штуцера (см. рис. 18.2). При этом должно выполняться условие

$$A_1 + A_3 \geq A = 0,5(d_р - d_{0р})s_р. \tag{18.34}$$

Здесь площади A_1 и A_3 определяются без учета прибавок c, c_s и расчетных толщин стенок штуцера $s_{1р}$ и сосуда $s_р$.

Длины штуцера, учитываемые при определении площадей A_1 и A_3, вычисляют следующим образом: $l_{1р}$ — по формуле (18.17), $l_{3р}$ — по формуле (18.18).

Если по конструктивным соображениям выполнение условия (18.34) невозможно, то для укрепления отверстия используют накладные кольца, отбортовки или местные утолщения стенки обечаек или днищ. При

увеличении толщины стенки укрепляемого элемента изменяется $d_{0р}$ и уменьшается площадь вырезанного сечения, подлежащего компенсации.

В случае укрепления отверстия утолщением стенки сосуда или штуцера, или накладным кольцом, или вварным кольцом, или торообразной вставкой, или отбортовкой расчет проводят по формуле

$$l_{1р}\left(s_1 - s_{1р} - c_s\right)\chi_1 + l_{2р}\cdot s_2\cdot\chi_2 + l_{3р}\left(s_3 - c_s - c_{s1}\right)\chi_3 + l_p\left(s - s_p - c\right)\chi_4 \geq 0,5\left(d_p - d_{0p}\right)s_p. \qquad (18.35)$$

При отсутствии вварного кольца или торообразной вставки в формуле (18.35) следует принимать $\chi_4 = 1$.

Расчет укрепления отверстия с помощью накладного кольца при необходимости определения площади этого кольца проводят по формуле

$$A_2 \geq \frac{1}{\chi_2}\left\{0,5\left(d_р - d_{0р}\right)s_р - l_р\left(s - s_р - c\right) - l_{1р}\left(s_1 - s_{1р} - c_s\right)\chi_1 - l_{3р}\left(s_3 - c_s - c_{s1}\right)\chi_3\right\}, \qquad (18.36)$$

где $A_2 = l_{2р}\cdot s_2$ — площадь накладного кольца.

Если $s_2 > 2s$, то накладные кольца рекомендуется устанавливать снаружи и изнутри сосуда или аппарата, причем толщина наружного кольца принимается (О,5s_2), толщина внутреннего кольца принимается (О,5$s_2 + c$).

18.Z. Y ЕТ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ОТВЕРСТИŇ В СОСYДАХ И АММАРАТАХ

18.Z.1. Домyскаемое внyтреннее избыто ное давление мри нали ии взаимовлияния отверстиŇ

Расчет по 18.7 не применим, если одно из взаимовлияющих отверстий выполнено в соответствии с рис. 18.8. В случае невыполнения условия (18.25) расчет взаимовлияющих отверстий (см. рис. 18.9 – 18.11) проводят следующим образом: вначале рассчитывают укрепления для каждого из этих отверстий отдельно в соответствии с 18.6, затем проверяют достаточность укрепления перемычки между отверстиями, для чего вычисляют допускаемое давление для перемычки по формуле

$$[p] = \frac{2K_1\cdot\varphi[\sigma](s-c)V}{0,5\left(D'_р + D''_р\right) + (s-c)V}, \qquad (18.37)$$

где

$$V = \min\left\{1; K_2\left[1 + \frac{l'_{1р}\left(s'_1 - c'_s\right)\chi'_1 + l'_{2р}\cdot s'_2\cdot\chi'_2 + l'_{3р}\left(s'_3 - c'_s - c'_{s1}\right)\chi'_3 + l''_{1р}\left(s''_1 - c''_s\right)\chi''_1 + l''_{2р}\cdot s''_2\cdot\chi''_2 + l''_{3р}\left(s''_3 - c''_s - c''_{s1}\right)\chi''_3}{b(s-c)}\right]\right\}. \qquad (18.38)$$

При совместном укреплении двух взаимовлияющих отверстий общим накладным кольцом (рис. 18.1О) коэффициент понижения прочности вычисляют по формуле

$$V = \min\left\{1; K_2\left[1 + \frac{l'_{1р}\left(s'_1 - c'_s\right)\chi'_1 + L_2\cdot s_2\cdot\chi_2 + l'_{3р}\left(s'_3 - c'_s - c'_{s1}\right)\chi'_3 + l''_{1р}\left(s''_1 - c''_s\right)\chi''_1 + l''_{3р}\left(s''_3 - c''_s - c''_{s1}\right)\chi''_3}{b(s-c)}\right]\right\}, \qquad (18.39)$$

где $L_2 = \min\left\{b; \left(l'_{2р} + l''_{2р}\right)\right\}$.

Для овального штуцера в формулах (18.38) и (18.39) $d' = d_1'$ и $d'' = d_1''$.

Коэффициент K_2 в формулах (18.38) и (18.39) вычисляют по формуле

$$K_2 = \left\{K_3\left(0,8 + \frac{d'_р + d''_р}{2b}\right) + K_1\left[\frac{d' + 2c'_s}{D'_р}\left(\frac{\varphi}{\varphi'_1}\right)\left(\frac{l'_{1р}}{b}\right) + \frac{d'' + 2c''_s}{D''_р}\left(\frac{\varphi}{\varphi''_1}\right)\left(\frac{l''_{1р}}{b}\right)\right]\right\}^{-1}, \qquad (18.4О)$$

где коэффициент K_3 для цилиндрических и конических обечаек вычисляют по формуле

$$K_3 = \frac{1 + \cos^2\beta}{2}, \qquad (18.41)$$

угол β определяется в соответствии с рис. 18.11, *а*.

Для выпуклых днищ $K_3 = 1$.

Если ось сварного шва обечайки или днища удалена от наружных поверхностей обоих штуцеров более чем на три толщины стенки укрепляемого элемента (3s) и не пересекает перемычку, то коэффициент прочности этого сварного шва в формулах (18.37 – 18.4О) следует принимать $\varphi = 1$. В остальных случаях $\varphi \le 1$ в соответствии с ГОСТ 34233.1 (приложение Д).

Коэффициенты прочности продольных сварных швов штуцеров φ_1' и φ_1'' равны 1, если центральные углы ψ' и ψ'' между плоскостями продольных сечений штуцеров, проходящих через эти сварные швы, и линией, соединяющей центры отверстий (рис. 18.16), составляют не менее 6О°. В остальных случаях $\varphi_1' \le 1$ и $\varphi_1'' \le 1$ в соответствии с ГОСТ 34233.1 (приложение Д).

При укреплении двух близко расположенных отверстий другими способами нужно, чтобы половина площади, необходимой для укрепления в продольном сечении (рис. 18.9), размещалась между этими отверстиями. Для ряда отверстий (рис. 18.18) коэффициент понижения прочности вычисляют по формуле

$$V = \min\left\{\begin{array}{l} 1; \\ \dfrac{2b_1 + 4l_{1р}\left(\dfrac{s_1 - c_s}{s - c}\right)\chi_1}{\left(1+\cos^2\beta_1\right)\left(0,8b_1 + d + 2c_s\right) + 4l_{1р}\dfrac{\left(d + 2c_s\right)}{D_p}} \\ \dfrac{2b_2 + 4l_{1р}\left(\dfrac{s_1 - c_s}{s - c}\right)\chi_1}{\left(1+\cos^2\beta_2\right)\left(0,8b_2 + d + 2c_s\right) + 4l_{1р}\dfrac{\left(d + 2c_s\right)}{D_p}} \end{array}\right\}. \qquad (18.42)$$

18.Z.k. Домускаемое нарухное давление мри нали ии взаимовлияния отверстиѝ

Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле (18.33), где $[p]_п$ определяется аналогично $[p]$ по 18.7.1 для каждого отверстия в отдельности и для перемычки, а затем из полученных значений принимается меньшее.

Для обечаек или днищ с кольцами жесткости расчет проводят отдельно для каждого участка с отверстиями между соседними кольцами.

18.8. Рас ет на мро ность мри внешних стати еских нагрузках на штуцер

18.8.1. Цилиндри еские обе аѝки мод локальным воздеѝствием, вызванным внешними стати ескими нагрузками на штуцер

18.8.1.1. Условия хременения расчетных формул

Расчетная схема приведена на рис. 18.21, *а*.

Метод расчета применим для сосудов и аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением.

Расчетные формулы применимы при выполнении следующих условий:

а) условие тонкостенности цилиндрической обечайки:

$$0,001 \le (s - c)/D_c \le 0,1,$$

где $D_c = D + s$;

б) ограничение значения геометрического параметра: $\lambda_c = \dfrac{d_c}{\sqrt{D_c \cdot s_э}} \le 10$,

где $s_э$ — эквивалентная толщина обечайки с накладным кольцом;

в) расстояние до любого другого штуцера, нагруженного внешней локальной нагрузкой в любом направлении, должно быть не менее $\sqrt{\dfrac{D_c}{2} \cdot s_э}$;

г) исполнительная толщина штуцера s_1 должна сохраняться на длине не менее $\sqrt{d_c\left(s_1 - c_s\right)}$.

18.8.1.k. Охределение эквивалентной толщины стенки обечайки около штуцера

Эквивалентную толщину стенки обечайки около штуцера, то есть в месте его врезки, вычисляют по формулам:

а) если накладное кольцо не предусмотрено, то $s_э = (s - c)$;

б) если установлено накладное кольцо, то

при $l_2 \geq \sqrt{\frac{D_c}{2}(s + s_2 - c)} \cdot s_э = s + s_2 \cdot \chi_2 - c,$

при $l_2 < \sqrt{\frac{D_c}{2}(s + s_2 - c)} \cdot s_э = s + \min\left\{ s_2 \frac{l_2}{\sqrt{\frac{D_c}{2}(s + s_2 - c)}}; s_2 \right\} \chi_2 - c.$

18.8.1.3. Охределение дохусиаемых нагрузок

Допускаемые значения давления, осевой нагрузки и изгибающих моментов на узлы врезки штуцера определяют независимо друг от друга.

Допускаемое давление для одиночного отверстия определяют по 18.6.2.

Для вычислений допускаемых нагрузок определяют вспомогательные параметры C_1, C_2, C_3, зависящие от геометрического параметра $\lambda_c = \frac{d_c}{\sqrt{D_c \cdot s_э}}$ и от коэффициентов $a_0 - a_4$, приведенных в табл. 18.2.

Таблица 18.2

Коэффициенты для определения параметров C_1, C_2, C_3

Параметр	Коэффициент для определения параметров				
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
C_1	0,6007218 1	0,95196257	0,0051957881	–0,0014063 81	0
C_2	4,526315	0,064021889	0,15887638	–0,021419298	0,001035047
C_3 при $\frac{s_1 - c_s}{s_э} \leq 0,2$	4,8844124	–0,071389214	0,79991259	–0,0241557 09	0
C_3 при $\frac{s_1 - c_s}{s_э} \geq 0,5$	6,3178075	–3,66182 09	4,5145391	–0,83094839	0,05069 8494

Допускаемое осевое усилие на штуцер $[F_z]$ из условия прочности обечайки при отсутствии накладного кольца вычисляют по формуле

$$[F_{z1}] = [\sigma](s - c)^2 \max\{C_1; 1,81\}, \quad (18.43)$$

где C_1 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.22, или вычисляют по формуле

$$C_1 = a_0 + a_1 \cdot \lambda_c + a_2 \cdot \lambda_c^2 + a_3 \cdot \lambda_c^3 + a_4 \cdot \lambda_c^4, \quad (18.44)$$

где параметр λ_c определяют при $s_э = (s - c)$, коэффициенты $a_0 - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Допускаемое осевое усилие на штуцер $[F_z]$ из условия прочности обечайки при наличии накладного кольца и при условии $\frac{s_1 - c_s}{s_э} \geq 0,5$ определяют по формуле

$$[F_z] = \min\{[F_{z1}]; [F_{z2}]\}. \quad (18.45)$$

Допускаемое осевое усилие $[F_{z1}]$ из условия прочности обечайки в месте пересечения штуцера с обечайкой вычисляют по формуле

$$\left[F_{z1}\right] = [\sigma](s + \chi_2 \cdot s_2 - c)^2 \max\{C_1; 1,81\}, \tag{18.46}$$

где C_1 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.22, или вычисляют по формуле (18.44), где параметр λ_c определяют при $s_э$, вычисляемой по 18.8, коэффициенты $a_0 - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Допускаемое осевое усилие $[F_{z2}]$ из условия прочности обечайки у внешней кромки накладного кольца вычисляют по формуле

$$\left[F_{z2}\right] = [\sigma](s - c)^2 \max\{C_1; 1,81\}, \tag{18.47}$$

где C_1 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.22, или вычисляют по формуле (18.44), где параметр λ_c определяют при $s_э = (s - c)$ и $d_c = D_2$, коэффициенты $a_0 - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Допускаемый изгибающий момент $[M_x]$, действующий на штуцер в плоскости, перпендикулярной оси сосуда, при отсутствии накладного кольца вычисляют по формуле

$$\left[M_x\right] = [\sigma](s - c)^2 \frac{d_c}{4} \max\{C_2; 4,9\}, \tag{18.48}$$

где C_2 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.23, или вычисляют по формуле

$$C_2 = a_0 + a_1 \cdot \lambda_c + a_2 \cdot \lambda_c^2 + a_3 \cdot \lambda_c^3 + a_4 \cdot \lambda_c^4, \tag{18.49}$$

где параметр λ_c определяют при $s_э = (s - c)$, коэффициенты $a_0 - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Допускаемый изгибающий момент $[M_x]$ при наличии накладного кольца и при условии $\frac{s_1 - c_s}{s_э} \geq 0,5$ вычисляют по формуле

$$\left[M_x\right] = \min\{[M_{x1}]; [M_{x2}]\}. \tag{18.50}$$

Допускаемый изгибающий момент $[M_{x1}]$ из условия прочности в месте пересечения штуцера с обечайкой вычисляют по формуле

$$\left[M_x\right] = [\sigma](s + \chi_2 \cdot s_2 - c)^2 \frac{d_c}{4} \max\{C_2; 4,9\}, \tag{18.51}$$

где C_2 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.23, или вычисляют по формуле (18.49), где параметр λ_c определяют при $s_э$, вычисляемой по 18.2.1, коэффициенты $a_0 - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Допускаемый изгибающий момент $[M_{x2}]$ из условия прочности у внешней кромки накладного кольца вычисляют по формуле

$$\left[M_{x2}\right] = [\sigma](s - c)^2 \frac{D_2}{4} \max\{C_2; 4,9\}, \tag{18.52}$$

где C_2 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.23, или вычисляют по формуле (18.49), где параметр λ_c определяют при $s_э = (s - c)$ и $d_c = D_2$, коэффициенты $a_0 - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Допускаемый изгибающий момент $[M_y]$, действующий на штуцер в плоскости, совпадающей с осью сосуда, при отсутствии накладного кольца вычисляют по формуле

$$\left[M_y\right] = [\sigma](s - c)^2 \frac{d_c}{4} \max\{C_2; 4,9\}, \tag{18.53}$$

где C_3 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.24, или вычисляют по формуле

$$C_3 = a_0 + a_1 \cdot \lambda_c + a_2 \cdot \lambda_c^2 + a_3 \cdot \lambda_c^3 + a_4 \cdot \lambda_c^4, \tag{18.54}$$

где параметр λ_c определяют при $s_э = (s - c)$, коэффициенты $a_0 - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Рис. 18.22. График для определения C_1

Рис. 18.23. График для определения C_2

Рис. 18.24. График для определения C_3

Если отношение $\frac{s_1 - c_s}{s_э}$ находится между О,2 и О,5, то коэффициент C_3 определяют с помощью линейной интерполяции.

Допускаемый изгибающий момент $[M_y]$ при наличии накладного кольца равен

$$\left[M_y\right] = \min\left\{\left[M_{y1}\right];\left[M_{y2}\right]\right\}. \tag{18.55}$$

Допускаемый изгибающий момент $[M_{y1}]$ из условия прочности в месте пересечения штуцера с обечайкой вычисляют по формуле

$$\left[M_{y1}\right] = [\sigma]\left(s + \chi_2 \cdot s_2 - c\right)^2 \frac{d_c}{4} \max\left\{C_3; 4,9\right\}, \tag{18.56}$$

где C_3 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.24, или вычисляют по формуле (18.54), где параметр λ_c определяют при $s_э$, вычисляемой по 18.8.1, коэффициенты $a_О - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

Допускаемый изгибающий момент $[M_{y2}]$ из условия прочности у внешней кромки накладного кольца вычисляют по формуле

$$\left[M_{y2}\right] = [\sigma]\left(s - c\right)^2 \frac{D_2}{4} \max\left\{C_3; 4,9\right\}, \tag{18.57}$$

где C_3 определяют в зависимости от λ_c по графику, приведенному на рис. 18.24, или вычисляют по формуле (18.54), где параметр λ_c определяют при $s_э = (s - c)$ и $d_c = D_2$, коэффициенты $a_О - a_4$ принимают по соответствующей строке табл. 18.2.

18.8.1.4. Совместное действие нагрузок

Предварительно проверяют выполнение условий прочности для каждой нагрузки в отдельности:

$$\Phi_p = \left|\frac{p}{[p]}\right| \le 1; \tag{18.58}$$

$$\Phi_z = \left|\frac{F_z}{\left[F_z\right]}\right| \le 1; \tag{18.59}$$

$$\Phi_b = \sqrt{\left(\frac{M_x}{\left[M_x\right]}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{\left[M_y\right]}\right)^2} \le 1. \tag{18.6О}$$

Кроме того, определяют выполнение условий прочности при совместном действии нагрузок

$$\sqrt{\left[\max\left\{\left|\frac{\Phi_p}{C_4} + \Phi_z\right|; \left|\Phi_z\right|; \left|\frac{\Phi_p}{C_4} - 0,2\Phi_z\right|\right\}\right]^2 + \Phi_b^2} \le 1. \tag{18.61}$$

Если нагрузка была определена с учетом стесненности температурных деформаций, то коэффициент C_4 равен 1,1. В остальных случаях $C_4 = 1$.

Отношение нагрузок Φ_z определяют с учетом направления осевой силы. Если осевая сила является растягивающей (направлена наружу от поверхности стенки сосуда или аппарата), то в формуле (18.61) Φ_z следует принимать со знаком плюс. Если осевая сила является сжимающей (направлена в противоположном направлении), то в формуле (18.61) Φ_z следует принимать со знаком минус.

18.8.1. . Мроверия хроuности штуцера

Максимальные продольные растягивающие напряжения в штуцере должны удовлетворять условию

$$\frac{p\left(d + s_1\right)}{4\left(s_1 - c_s\right)} + \frac{\sqrt[4]{M_x^2 + M_y^2}}{\pi\left(d + s_1\right)^2\left(s_1 - c_s\right)} + \frac{F_z}{\pi\left(d + s_1\right)^2\left(s_1 - c_s\right)} \le \left[\sigma\right]_1. \tag{18.62}$$

Если осевая сила F_z создает сжимающее напряжение, то в формуле (18.62) F_z следует принять равной нулю.

Кроме расчета на прочность проводят расчет на устойчивость штуцера по формуле

$$\frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{[M]} + \frac{|F_z|}{[F]} \le 1, \tag{18.63}$$

где $[M]$ и $[F]$ — допускаемый изгибающий момент и допускаемая сжимающая осевая сила соответственно, определяемые по ГОСТ 34233.2 для обечайки штуцера.

Если осевая сила F_z создает растягивающее напряжение (направлена наружу от поверхности стенки сосуда или аппарата), то в формуле (18.63) F_z следует принимать равной нулю.

18.8.1.6. Определение максимальных расчетных напряжений

С целью проверки прочности узла врезки штуцера при действии повторно-статических нагрузок дополнительно к 18.8.1.1 – 18.8.1.5 определяют расчетные напряжения в месте пересечения цилиндрической обечайки со штуцером. Рассматривают штуцер с круглым поперечным сечением, нормально расположенный к поверхности, под действием внутреннего избыточного давления, внешних нагрузок на штуцер и нагружений, вызванных стесненностью температурных деформаций.

Максимальное расчетное напряжение от внутреннего давления p вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \left(\frac{p \cdot D_c}{2s_э}\right) \frac{2 + 2\dfrac{d_c}{D_c}\sqrt{\dfrac{d_c(s_1 - c_s)}{D_c \cdot s_э}} + 1,25\dfrac{d_c}{D_c}\sqrt{\dfrac{D_c}{s_э}}}{1 + \dfrac{(s_1 - c_s)}{s_э}\sqrt{\dfrac{d_c(s_1 - c_s)}{D_c \cdot s_э}}}. \tag{18.64}$$

Максимальное расчетное напряжение от осевой силы F_z вычисляют по формуле

$$\sigma_F = \frac{2,25}{C_1}\left(\frac{F_z}{c_э^2}\right), \tag{18.65}$$

где параметр C_1 определяют по графику, приведенному на рис. 18.22, или вычисляют по формуле (18.44).

Максимальное расчетное напряжение от изгибающего момента M_x вычисляют по формуле

$$\sigma_{M_x} = \frac{2,25}{C_2}\left(\frac{4M_x}{s_э^2 \cdot d_c}\right), \tag{18.66}$$

где параметр C_2 определяют по графику, приведенному на рис. 18.23, или вычисляют по формуле (18.49).

Максимальное расчетное напряжение от изгибающего момента M_y вычисляют по формуле

$$\sigma_{M_y} = \frac{2,25}{C_3}\left(\frac{4M_y}{s_э^2 \cdot d_c}\right), \tag{18.67}$$

где параметр C_3 определяют по графику, приведенному на рис. 18.24, или вычисляют по формуле (18.54).

При наличии нагружения, вызванного стесненностью температурных деформаций в месте пересечения цилиндрической обечайки со штуцером, следует определять температурные напряжения σ_T специальными методами расчета.

18.8.1.Z. Условия прочности при совместном действии нагрузок

Для пластичного в условиях эксплуатации материала условия прочности выполняются, если

$$\left|\sigma_T + \sqrt{(\sigma_p + \sigma_F)^2 + (\sigma_{M_x}^2 + \sigma_{M_y}^2)}\right| \le 3[\sigma]. \tag{18.68}$$

Если осевая сила F_z является растягивающей (направлена наружу от поверхности стенки сосуда или аппарата), то в формуле (18.68) σ_F следует принимать со знаком плюс.

Если осевая сила F_z является сжимающей (направлена в противоположном направлении), то в формуле (18.68) σ_F следует принимать со знаком минус.

Если материал не обладает достаточной пластичностью, то допускаемое напряжение определяют на основании специальных исследований.

18.8.1.8. Yсловия хроuности хри малоциилoвой нагрysие

Условия прочности при циклическом нагружении давлением, внешними и температурными нагрузками проверяют по ГОСТ 34233.6.

Для нагрузки каждого вида вычисляют размахи напряжений $\Delta\sigma_p$, $\Delta\sigma_F$, $\Delta\sigma_{Mx}$, $\Delta\sigma_{My}$, $\Delta\sigma_T$.

По размахам напряжений определяют амплитуду напряжений σ_a и проверяют условие прочности по допускаемым амплитудам напряжений, определяемым по ГОСТ 34233.6 для заданного числа циклов нагружений.

18.9. ВЫMYKЛЫE ДНИuA МОД ЛОКАЛЬНЫМ ВОЗДEŇCTBИEM, ВЫЗВАННЫМ ВНEШНИMИ СТАТИ ЕСКИMИ НАГРYЗКАМИ НА ШTY¡EP

18.9.1. Yсловия мрименения рас етных формyл

Расчетная схема приведена на рис. 18.21, *6*.

Метод расчета применим для сосудов и аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением.

Метод расчета применим при расположении штуцеров внутри центральной части выпуклого днища, ограниченной О,4 наружного диаметра днища (см. рис. 18.21, *6*), где l_5 — расстояние от центральной оси выпуклого днища до наиболее удаленной точки кромки отверстия).

Радиус кривизны срединной поверхности днища R_c принимается равным радиусу в вершине выпуклого днища. Формулы применимы при выполнении следующих условий:

а) условия тонкостенности выпуклого днища:

$$0,001 \le \frac{(s-c)}{R_c} \le 0,1, \text{ где } R_c = R + \frac{s}{2};$$

допускается применять методику при $\frac{s-c}{R_c} < 0,001,$ если отклонение формы поверхности днища от идеальной сферической формы не превышает половины толщины его стенки;

б) ограничение значения геометрического параметра

$$\lambda_s = \frac{d_c}{\sqrt{R_c \cdot s_э}} \le 10,$$

где $s_э$ — эквивалентная толщина днища с накладным кольцом;

в) расстояние до любого другого штуцера, нагруженного внешней локальной нагрузкой в любом направлении, должно быть не менее

$$\sqrt{R_c \cdot s_э};$$

г) штуцер расположен перпендикулярно поверхности выпуклого днища (в пределах позиционного отклонения оси штуцера от перпендикуляра к поверхности днища в радиусном измерении не более 1О мм);

д) исполнительная толщина штуцера s1 должна сохраняться на длине не менее

$$\sqrt{d_c\left(s_1 - c_s\right)}.$$

18.9.k. Oмределение 5квивалентноŇ толuины стенки вымYклого днИuA около штY¡ера

Эквивалентную толщину стенки днища около штуцера, то есть в месте его врезки, вычисляют по формулам:

а) если накладное кольцо не предусмотрено, то $s_э = (s - c)$;

б) если установлено накладное кольцо, то

при $l_2 \ge \sqrt{R_c\left(s + s_2 - c\right)} \cdot s_э = s + s_2 \cdot \chi_2 - c,$

при $l_2 < \sqrt{R_c\left(s + s_2 - c\right)} \cdot s_э = s + \min\left\{ s_2 \frac{l_2}{\sqrt{R_c\left(s + s_2 - c\right)}}; s_2 \right\} \chi_2 - c.$

18.9.3. Определение допускаемых нагрузок

Допускаемые значения давления, осевой нагрузки и изгибающих моментов определяют независимо друг от друга.

Для оценки прочности узла врезки штуцера при совместном действии нагрузок используют выпуклую поверхность предельного состояния.

Допускаемое давление для одиночного отверстия определяют по формуле 18.33.

Вспомогательные параметры:

$$\lambda_s = \frac{d_c}{\sqrt{R_c \cdot s_э}};\ K_4 = \min\left(\frac{2[\sigma]_1 (s_1 - c_s)}{[\sigma] s_э}\sqrt{\frac{s_1 - c_s}{d_c}};1\right).$$

Допускаемое осевое усилие на штуцер $[F_z]$ при отсутствии накладного кольца определяют по графику, приведенному на рис. 18.25, или вычисляют по формуле

$$\left[F_z\right] = [\sigma](s-c)^2\left(1,82 + 2,4\sqrt{1+K_4}\cdot\lambda_s + 0,91K_4\cdot\lambda_s^2\right), \tag{18.69}$$

где λ_s и K_4 вычисляют при $s_э = (s - c)$.

Допускаемое осевое усилие на штуцер $[F_z]$ при наличии накладного кольца определяют по формуле

$$\left[F_z\right] = \min\left\{\left[F_{z1}\right];\left[F_{z2}\right]\right\}, \tag{18.7О}$$

где допускаемое осевое усилие $[F_{z1}]$ из условия прочности в месте пересечения штуцера с днищем определяют по графику, приведенному на рис. 18.25, или вычисляют по формуле

$$\left[F_{z1}\right] = [\sigma](s + \chi_2\cdot s_2 - c)^2\left(1,82 + 2,4\sqrt{1+K_4}\cdot\lambda_s + 0,91K_4\cdot\lambda_s^2\right), \tag{18.71}$$

где λ_s и K_4 вычисляют при $s_э$, определяемой по 18.9.2.

Допускаемое осевое усилие из условия прочности у внешней кромки накладного кольца вычисляют по формуле

$$\left[F_{z2}\right] = [\sigma](s-c)^2\left(1,82 + 2,4\sqrt{1+K_4}\cdot\lambda_s + 0,91K_4\cdot\lambda_s^2\right), \tag{18.72}$$

где λ_s вычисляют при $s_э = (s - c)$ и $d_c = D_2$, а параметр $K_4 = 1$.

Допускаемый изгибающий момент $[M_b]$ при отсутствии накладного кольца определяют по графику, приведенному на рис. 18.26, или вычисляют по формуле

$$\left[F_{z2}\right] = [\sigma](s-c)^2\left(1,82 + 2,4\sqrt{1+K_4}\cdot\lambda_s + 0,91K_4\cdot\lambda_s^2\right), \tag{18.73}$$

где λ_s и K_4 вычисляют при $s_э = (s - c)$.

Допускаемый изгибающий момент $[M_b]$ при наличии накладного кольца вычисляют по формуле

$$\left[M_b\right] = \min\left\{\left[M_{b1}\right];\left[M_{b2}\right]\right\}, \tag{18.74}$$

где $[M_{b1}]$ – опускаемый изгибающий момент из условия прочности в месте пересечения штуцера с днищем определяют по графику, приведенному на рис. 18.26, или вычисляют по формуле

$$\left[M_{b1}\right] = [\sigma](s + \chi_2\cdot s_2 - c)^2\frac{d_c}{4}\left(4,9 + 2,0\sqrt{1+K_4}\cdot\lambda_s + 0,91K_4\cdot\lambda_s^2\right), \tag{18.75}$$

где λ_s и K_4 вычисляют при $s_э$, определяемой по 18.9.2.

Допускаемый изгибающий момент $[M_{b2}]$ из условия прочности у внешней кромки накладного кольца определяют по графику, приведенному на рис. 18.26, или вычисляют по формуле

$$\left[M_{b2}\right] = [\sigma](s-c)^2\frac{D_c}{4}\left(4,9 + 2,0\sqrt{1+K_4}\cdot\lambda_s + 0,91K_4\cdot\lambda_s^2\right), \tag{18.76}$$

где λ_s вычисляют при $s_э = (s - c)$ и $d_c = D_2$, а параметр $K_4 = 1$.

Рис. 18.25. График для определения $[F_z]$
(верхняя кривая при $K = 1$; нижняя кривая — минимальное значение при $K < 1{,}0$)

Рис. 18.26. График для определения $[M_b]$
(верхняя кривая при $K = 1$; нижняя кривая — минимальное значение при $K < 1{,}0$)

18.9.4. Совместное деЙствИе нагрУзок

Предварительно проверяют условие прочности для каждой нагрузки в отдельности:

$$\Phi_p = \frac{p}{[p]} \le 1; \tag{18.77}$$

$$\Phi_z = \left|\frac{F_z}{[F_z]}\right| \le 1; \tag{18.78}$$

$$\Phi_b = \left|\frac{M_b}{[M_b]}\right| \le 1. \tag{18.79}$$

Кроме того, определяют выполнение условий прочности при совместном действии нагрузок

$$\max\{|\Phi_p + \Phi_z|; |\Phi_z|; |\Phi_p - 0{,}2\Phi_z|\} + |\Phi_b| \le 1. \tag{18.8О}$$

Параметр Φ_z определяют с учетом направления осевой силы. Если осевая сила направлена наружу от поверхности днища, то в формуле (18.8О) Φ_z следует принимать со знаком плюс. Если осевая сила направлена в противоположном направлении, то в формуле (18.8О) Φ_z следует принимать со знаком минус.

18.9. . Мроверка мро ностИ штУ¡ера

Максимальные расчетные продольные растягивающие напряжения в штуцере должны удовлетворять условию

$$\frac{p(d+s_1)}{4(s_1-c_s)} + \frac{4M_b}{\pi(d+s_1)^2(s_1-c_s)} + \frac{F_z}{\pi(d+s_1)(s_1-c_s)} \le [\sigma]_1 . \tag{18.81}$$

Если осевая сила F_z создает сжимающее напряжение, то в формуле (18.81) F_z следует принять равной нулю.

Устойчивость штуцера должна быть проверена по формуле

$$\frac{M_b}{[M]} + \frac{|F_z|}{[F]} \le 1. \tag{18.82}$$

Если осевая сила F_z создает растягивающее напряжение, то в формуле (82) F_z следует принять равной нулю.

Допускаемый изгибающий момент [M] и допускаемую сжимающую осевую силу [F] для обечайки штуцера определяют по ГОСТ 34233.2.

18.9.6. ОмределенИе максИмальных рас етных намряхенИЙ

С целью проверки прочности узла врезки штуцера при действии повторно-статических нагрузок дополнительно к 18.9.1 – 18.9.5 определяют расчетные напряжения в месте пересечения выпуклого днища со штуцером. Рассматривается штуцер с круглым поперечным сечением, нормально расположенный к поверхности, при нагружении внутренним избыточным давлением, внешними нагрузками на штуцер и напряжениями, вызванными стесненностью температурных деформаций.

Максимальное расчетное напряжение в месте пересечения выпуклого днища со штуцером от внутреннего давления вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \alpha_p \frac{p \cdot R_c}{2s_э}, \tag{18.83}$$

где α_p — коэффициент концентрации, определяемый по графикам, приведенным на рис. 18.26 и 18.27.

Максимальное расчетное напряжение от осевой силы вычисляют по формуле

$$\sigma_F = \alpha_z \left(\frac{F_z}{\pi \cdot d_c \cdot s_э}\right)\sqrt{\frac{R_c}{s_э}}, \tag{18.84}$$

где α_p — коэффициент концентрации, определяемый по графикам, приведенным на рис. 18.28 и 18.29.

Максимальное расчетное напряжение от изгибающего момента вычисляют по формуле

$$\sigma_M = \alpha_M \left(\frac{4M_b}{\pi \cdot d^2 \cdot s_э} \right) \sqrt{\frac{R_c}{s_э}}, \tag{18.85}$$

где α_M — коэффициент концентрации, определяемый по графикам, приведенным на рис. 18.3О и 18.31.

При наличии нагружения, вызванного стесненностью температурных деформаций в месте пересечения выпуклого днища со штуцером, следует определять температурные напряжения σ_T специальными методами расчета.

Рис. 18.26. Коэффициенты концентрации в месте пересечения штуцера со сферической оболочкой при внутреннем давлении

Рис. 18.27. Коэффициенты концентрации в месте пересечения проходящего штуцера со сферической оболочкой при внутреннем давлении

Рис.18.28. Коэффициенты концентрации в месте пересечения штуцера со сферической оболочкой при осевом усилии на штуцер

Рис. 18.29. Коэффициенты концентрации в месте пересечения проходящего штуцера со сферической оболочкой при осевом усилии на штуцер

Рис. 18.3О. Коэффициенты концентрации в месте пересечения штуцера со сферической оболочкой при нагружении штуцера изгибающим моментом

Рис. 18.31. Коэффициенты концентрации в месте пересечения проходящего штуцера со сферической оболочкой при нагружении штуцера изгибающим моментом

18.9.Z. Условия мро ности мри совместном деѝствии нагрузок

Для пластичных в условиях эксплуатации материалов условия прочности выполняются, если в месте пересечения выпуклого днища со штуцером

$$\left|\sigma_{\text{Т}} + \sqrt{\sigma_p^2 + \left(\sigma_F + \sigma_M\right)^2}\right| \le 3[\sigma]. \qquad (18.86)$$

Если материал не обладает достаточной пластичностью, то допускаемое напряжение определяют на основании специальных исследований.

18.9.8. Условия мро ности мри мало¡иклобоѝ нагрузке

Условия прочности при циклическом нагружении давлением, внешними и температурными нагрузками проверяют по ГОСТ 34233.6.

Для нагрузки каждого вида вычисляют размахи напряжений $\Delta\sigma_p$, $\Delta\sigma_F$, $\Delta\sigma_M$, $\Delta\sigma_T$.

По размахам напряжений определяют амплитуду напряжений σ_a и проверяют условие прочности по допускаемым амплитудам напряжений, определяемым по ГОСТ 34233.6 для заданного числа циклов нагружений.

18.10. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАС ЕТА

Допускается вместо расчета узлов врезки штуцеров на совместное действие нагрузок в соответствии с 18.8 и 18.9 выполнять расчет численными методами, например, методом конечных элементов, с последующей оценкой полученных результатов в соответствии с ГОСТ 34233.1 (пункт 8.1О).

При этом, если соотношения размеров элементов рассматриваемых узлов не превышают пределов, указанных в табл. 18.1, а также в 18.5.1, в дополнение к численному расчету должен быть выполнен расчет укрепления отверстий в соответствии с разделом 18.5.

СМИСОК ИСТО НИКОВ ИНФОРМА¡ИИ

1. *Анурьев В.И.* Справоuник kонструkтора маминостроителя в 3-х томах. — Изд. 7-е. — М.: Маминостроение, 1992. Т.1. — 816 с.
2. *АнараИ Ё., Ференц П.* Международное сопоставление стандартных марок сталей: Справоuник — М.: Издательство стандартов, 1992. — 315 с.
3. *Вихтан I. Ё., Кругпов G. А.* Основы kонструирования аппаратов и мамин нефтеперерабатывающих заводов. — М.: Маминостроение, 1978. — 328 с.
4. *Iенкин А. Ý.* Оборудование химиuеkих заводов. — М.: Высмая мkола, 1978. — 272 с.
5. *ДотаИнев А.Д.* Конструирование и расuет химиuеkих аппаратов. — М.: Мамгиз, 1961. — 624 с.
6. Конструирование и расuет мамин химиuеkих производств. Под общей ред. Э. Э. Кольман-Иванова. — М.: Маминостроение, 1985. — 408 с.
7. Конструkционные материалы. Справоuник. Под общей ред. Б. Н. Арзамасова. — М.: Маминостроение, 1990. — 688 с.
8. *Криворот А. G.* Конструирование и основы проektирования мамин и аппаратов химиuеkой промымленности. — М.: Маминостроение, 1978. — 376 с.
9. *Ёауинский А. А., Топчинский А. Р.* Основы kонструирования и расuета химиuеkой аппаратуры: Справоuник. — Л.: Маминостроение, 1970. — 752 с.
10. *Ёауинский А. А.* Конструирование сварных химиuеkих аппаратов: Справоuник. — Л.: Маминостроение, 1981. — 282 с.
11. Мамины и аппараты химиuеkих производств. Примеры и задаuи. Под общей ред. В. Н. Соkолова. — Л.: Маминостроение, 1982. — 384 с.
12. Мамины и аппараты химиuеkих производств: Yuебное пособие для вузов / А.С. Тимонин, Б.F. Балдин, В.Я. Борщев, Ю.И. Fусев и др. / Под общ. ред. А.С. Тимонина. — Калуга: ООО «Ноосфера», 2014. — 856 с.
13. Маминостроение. Энциkлопедия. Мамины и аппараты химиuеkих и нефтехимиuеkих производств. Т. IV–12 / М.Б. Fенералов, В.П. Алеkсандров, В.В. Алеkсеев и др. / Под общ. ред. М.Б. Fенералова. — М.: Маминостроение, 2004. — 832 с.
14. *Макаров Œ.И., Iенкин А.Ý.* Технологиuеkое оборудование химиuеkих и нефтегазоперерабатывающих заводов. — М.: Маминостроение, 1976. — 367 с.
15. Общетехниuеkий справоuник. Под общей ред. Е.А.Сkоморохова. — М.: Маминостроение, 1990. — 496 с.
16. *Пахотов В.G.* Коррозия металлов и сплавов: Справоuник. В двух kнигах. Книга 1. — М.: Hауkа и технологии, 2013. — 448 с.
17. *Поникаров И.И., Iайнаппин М.I.* Мамины и аппараты химиuеkих производств и нефтепереработkи: Yuебник для вузов. — Изд. 2-е перераб. и доп. — М.: Альфа-М, 2006. — 608 с.
18. *Поникаров И.И., Поникаров G.И.* Конструирование и расuет Элементов химиuеkого оборудования. — М.: Альфа-М, 2010. — 382 с.
19. *Поникаров И.И., Поникаров G.И., Рачковский G.В.* Расuет мамин и аппаратов химиuеkих производств и нефтегазопереработkи (примеры и задаuи): Yuебное пособие для вузов. — М.: Альфа-М, 2008. — 720 с.
20. Расuет и kонструирование мамин и аппаратов химиuеkих производств. Примеры и задаuи. Под общей ред. М. Ф. Михалева. — Л.: Маминостроение, 1984. — 301 с.
21. *Рахтипевич ¥.¥., Раазин И.М., Фаратазов G.А.* Справоuник механиkа химиuеkих и нефтехимиuеkих производств. — М.: Химия, 1985. — 592 с.
22. *Gтирнов I.I., Топчинский А.Р., Конаратьева Т.Ф.* Конструирование безопасных аппаратов для химиuеkих и нефтехимиuеkих производств: Справоuник. — Л.: Маминостроение, 1988. — 303 с.
23. *Gокопов В.И.* Основы расuета и kонструирования мамин и аппаратов пищевых производств. — М.: Маминостроение, 1983. — 447 с.
24. Сосуды и трубопроводы высокого давления. Справочник в двух томах, изд. 3-е. — /Кузнецов А.М., Королев Е.М., Хисматулин Е.Р. и др. / под общей редакцией А.М. Кузнецова. — М.: Машиностроение, 2О15.
25. *Тимонин А.С., Моисеев В.Б., Таранцева К.Р.* Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник в трёх томах. т.1. — изд. 4-е. перераб., доп. и испр. / Под общей редакцией А.С. Тимонина. — Калуга, изд. Ноосфера, 2О15. — 1О54 с.
26. *Тимонин А.С., Боfко Г.В., Борщев В.э. и др.* Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств. Учебник для вузов в двух книгах. / Под общей редакцией А.С. Тимонина. — Вологда, изд. Инфра-Инженерия, 2О19.
27. *Горынин И.В., Чечулин Б.Б.* Титановые сплавы в машиностроении. — Л.: Машиностроение, 199О. — 4ООс.
28. *Колачев Б.А., Молькин И.С., Талакаев В.Д.* Титановые сплавы разных стран. — М: ВИЛС, 2ООО. — 32О с.
29. *Илларионов А.Г., Мопова А.А.* Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов. — Екатеринбург.: Изд. УФУ, 2О14. — 138 с.

30. ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2017. — 153с.
31. ГОСТ 34233.1-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. — М.: Стандартинформ, 2018. — 56с.
32. ГОСТ 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Расчёт цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. — М.: 2018. — 89с.
33. ГОСТ 34233.3-2017. Сосуды и аппараты. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях. Расчёт на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер. — М.: Стандартинформ, 2018. — 58с.
34. ГОСТ 34233.4-2017. Сосуды и аппараты. Расчёт на прочность и герметичность фланцевых соединений. — М.: Стандартинформ, 2018. — 54с.
35. ГОСТ 34233.5-2017. Сосуды и аппараты. Расчёт обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок. — М.: Стандартинформ, 2018. — 55с.
36. ГОСТ 34233.7-2017. Сосуды и аппараты. Расчёт на прочность при малоцикловых нагрузках. — М.: Стандартинформ, 2018. — 22с.
37. ГОСТ 34233.7-2017. Сосуды и аппараты. Теплообменные аппараты. — М.: Стандартинформ, 2018. — 102с.
38. ГОСТ 34233.8-2017. Сосуды и аппараты. Сосуды и аппараты с рубашками. — М.: Стандартинформ, 2018. — 48с.
39. ГОСТ 34233.9-2017. Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. — М.: 2018. — 30с.
40. ГОСТ 34233.10-2017. Сосуды и аппараты. Сосуды и аппараты, работающие с серводородными средами. — М.: Стандартинформ, 2018. — 16с.
41. ГОСТ 34233.11-2017. Сосуды и аппараты. Методы расчёта на прочность обечаек и днищ с учётом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости оболочек. — М.: Стандартинформ, 2018. — 22с.
42. ГОСТ 34233.12-2017. Сосуды и аппараты. Требования к форме представления расчетов на прочность, выполняемых на ЭВМ. — М.: Стандартинформ, 2018. — 11с.
43. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. — М.: Стандартаинформ, 2009. — 15с.
44. ГОСТ 535-2006. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. — М.: Стандартинформ, 2009. — 17с.
45. ГОСТ 1535-2006. Прутки медные. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2008. — 20с.
46. ГОСТ 2060-2006. Прутки латунные. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2008. — 31с.
47. ГОСТ 2208-2007. Фольга, ленты, листы и плиты латунные. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2007. — 27с.
48. ГОСТ 1066-90. Проволока латунная. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2004. — 14с.
49. ГОСТ Р 54522-2011. Сосуды и аппараты высокого давления. Расчёт цилиндрических обечаек, днищ, фланцев, крышек. Рекомендации по конструированию. — М.: Стандартинформ, 2019. — 28с.
50. ГОСТ 5582-75. Прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2001. — 14с.
51. ГОСТ 7350-77. Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1989. — 11с.
52. ГОСТ 1990-74. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1979. — 22с.
53. ГОСТ 1990-90. Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1990. — 6с.
54. ГОСТ 9045-93. Прокат тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2003. — 19с.
55. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1992. — 30с.
56. ГОСТ 1577-93, Прокат толстолистовой и широкополосный из конструкционной качественной стали. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2002. — 33с.
57. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водагазопроводные. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2007. — 12с.
58. ГОСТ 1074-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент. — М.: Стандартинформ, 2007. — 20с.
59. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2004. — 13с.
60. ГОСТ 8734. Трубы стальные бесшовные холоднодеформируемые. Сортамент. — М.: Стандартинформ, 2007. — 13с.
61. ГОСТ 550-75. Трубы стальные бесшовные для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2004. — 11с.
62. ГОСТ 9940-81. Трубы бесшовные горячедеформируемые из коррозионно-стойких сталей. — М.: Стандартинформ, 2007. — 12с.
63. ГОСТ 9941-81. Трубы бесшовные холодно и теплодеформируемые из коррозионно-стойкой стали. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2004. — 16с.
64. Интернет-ресурс ГП «Союзводоканалпроект». Сводные сведения по сортаменту труб из пластмасс. https://gochelp.ru/text/TrubyplastmassovyeMateria.html
66. ГОСТ 11383-2016. Трубки медные и латунные тонкостенные. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2016. — 33с.
67. ГОСТ 21646-2003. Трубки медные и латунные для теплообменных аппаратов. Технические условия. — М.: ИПК Изд.

стандартов, 2ОО4. — 19с.

68. ГОСТ 1ОО25-2О16. Прутки из оловянно-фосфористой бронзы. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2О17. — 16с.
69. ГОСТ 1761-92. Полосы и ленты из оловянно-фосфористой и оловянно-цинковой бронзы. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 32с.
7О. ГОСТ 6511-6О. Прутки из оловянно-цинковой бронзы. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1993. — 16с.
71. ГОСТ 1789-2О13. Полосы и ленты из бериллиевой бронзы. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2О16. — 36с.
72. ГОСТ 1595-9О. Полосыи лента из алюминиево-марганцевой бронзы. — М.: ИПК Изд. стандартов, 199О. — 16с.
73. ГОСТ 1628-2О19. Прутки бронзовые. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2О2О. — 33с.
74. ГОСТ 5222-72. Проволока из кремнемарганцевой бронзы. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1994. — 14с.
75. ГОСТ 22178-76. Листы из титана и титановых сплавов. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 42с.
76. ГОСТ 613-75. Бронзы оловянные литейные. Марки. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО4. — 6с.
77. ГОСТ 5О17-2ОО6. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки. — М.: Стандартинформ, 2ОО7. — 6с.
78. ГОСТ 493-79. Бронзы безоловянные литейные. Марки. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО4. — 3с.
79. ГОСТ 18175-78. Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ООО. — 9с.
8О. ГОСТ 22178-76. Листы из титановых сплавов. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 16с.
81. ГОСТ 26492-85. Прутки катаные из титана и титановых сплавов. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1989. — 31с.
82. ГОСТ 23755-79. Плиты из титана и титановых сплавов. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1993. — 48с.
83. ГОСТ 492-2ОО6. Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые, обработанные давлением. Марки. — М.: Стандартинформ, 2О11. — 8с.
84. ГОСТ 13О83-2О16. Прутки из никеля и кремнистого никеля. — М.: Стандартинформ, 2О17. — 27 с.
85. ГОСТ 6235-91. Листы и полосы никелевые. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1991. — 15 с.
86. ГОСТ 5187-2ОО3. Ленты из мельхиора, пейзильбера и монеля. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО4. — 23 с.
87. ГОСТ 5152-84. Набивки сальниковые. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО2. — 35 с.
88. ГОСТ 1518О-86. Прокладки плоские эластичные. Основные параметры и размеры. — М.: Изд. стандартов, 1993. — 92 с.
89. ГОСТ 3778-98. Свинец. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО3. — 15 с.
9О. ГОСТ 481-8О. Паронит и прокладки из него. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО2. — 17 с.
91. ГОСТ 9347-74. Картон прокладочный и уплотнительные прокладки из него. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1993. — 8 с.
92. ГОСТ 33259-2О15. Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до РИ 25О. Конструкции, размеры и общие технические требования. — М.: Стандартинформ, 2О16. — 125 с.
93. ГОСТ Р 53561-2ОО9. Арматура трубопроводная. Прокладки овального, восьмиугольного сечения, линзовые стальные для фланцев арматуры. Конструкции, размеры и общие технические требования. — М.: Стандартинформ, 2ОО9. — 8 с.
94. ГОСТ 28759.1-9О. Фланцы сосудов и аппаратов. Типы и параметры. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 1О с.
95. ГОСТ 28759.2-9О. Фланцы сосудов и аппаратов стальные плоские приварные. Конструкции и размеры. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 3О с.
96. ГОСТ 28759.3-9О. Фланцы сосудов и аппаратов стальные приварные встык. Конструкции и размеры. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 24 с.
97. ГОСТ 28759.4-9О. Фланцы сосудов и аппаратов стальные приварные встык под прокладку восьмиугольного сечения. Конструкции и размеры. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 11 с.
98. ГОСТ 28759.5-9О. Фланцы сосудов и аппаратов. Технические требования. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 9 с.
99. ГОСТ 28759.6-9О. Прокладки из неметаллических материалов. Конструкции и размеры. Технические требования. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 17 с.
1ОО. ГОСТ 28759.7-9О. Прокладки асбометаллические. Конструкции и размеры. Технические требования. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 12 с.
1О1. ГОСТ 28759.8-9О. Прокладки металлические восьмиугольного сечения. Конструкции и размеры. Технические требования. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 9 с.
1О2. ГОСТ 9О65-75. Шайбы для фланцевых соединений с температурой среды от О до 65О ºС. Типы и основные размеры. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1987. — 6 с.
1О3. ГОСТ 9О64-75. Гайки для фланцевых соединений с температурой среды от О до 65О ºС. Типы и основные размеры. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО4. — 6 с.
1О4. ГОСТ 9О66-75. Шпильки для фланцевых соединений с температурой среды от О до 65О ºС. Типы и основные размеры. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2ОО3. — 22 с.
1О5. ГОСТ 1О6О5-97 Гайки шестигранные с диаметром резьбы свыше 48 мм класса точности В. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2ОО5. — 6 с.
1О6. ГОСТ Р 54522-2О11. Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность. — М.: Стандартинформ, 2О19. — 28 с.
1О7. ГОСТ Р ИСО 8992-2О11. Изделия крепежные. Общие требования для болтов, винтов, шпилек и гаек. — М.: Стандартинформ, 2О12. — 17 с.

108. ГОСТ Р ИСО 898-я-я2011. Механические свойства крепёжных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы. — М.: Стандартинформ, 2013. — 74 с.
109. ГОСТ Р ИСО 898-2-2013. Механические свойства крепёжных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 2. Гайки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы. — М.: Стандартинформ, 2014. — 22 с.
110. ГОСТ Р ИСО 8992-2011. Изделия крепёжные. Общие требования для болтов, винтов, шпилек и гаек. — М.: Стандартинформ, 2012. — 17 с.
111. ТР ТС 032/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под давлением. АО «Кодекс», 2013. — 69 с.
112. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2006. — 12 с.
113. ГОСТ Р 50534-93. Ткани фильтровальные сеточные. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 1993. — 12 с.
114. ГОСТ 332-91. Ткани хлопчатобумажные и смешанные суровые фильтровальные. Технические условия. — М.: ИПК Изд. стандартов, 2002. — 23 с.
115. ГОСТ 10146-74. Ткани фильтровальные из стеклянных крученых комплексных нитей. Технические условия. — М.: Изд. стандартов, 1988. — 7 с.
116. ОСТ 26.260.3-2001 Сварка в химическом машиностроении. Основные положения. — М.: Ротапринт АО «НИИхиммаш», 2002. — 163 с.
117. АТК 24.200.04-90. Опоры цилиндрические и конические вертикальных аппаратов. Типы и основные размеры. — М.: Стандартинформ, 1991. — 21 с.
118. ГОСТ 9929-82. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые стальные. — М.: ИПК Изд. стандартов. 1982. — 8 с.
119. ГОСТ 31838-2012. Аппараты колонные. Технические требования. — М.: Стандартинформ, 2019. — 20 с.
120. АТК 24.201.13-90. Уплотнения валов торцовые. Типы, параметры, конструкции и основные размеры. Дзержинск, Ротапринт ОАО «Дзержинскхиммаш», 2000. — 42 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ О@О3НАUЕНИЯ..... 9

АСТЬ I. КОНСТРУК¡ИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОЛОГИ ЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ 1О

ГЛАВА 1. ТРЕ@ОВАНИЯ, ПРЕД6ЯВЛЯЕМЫЕ К КОНСТРУКЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ТЕХНОЛОFИUЕСКОFО О@ОРУДОВАНИЯ..... 1О

ГЛАВА k. СТАЛИ 13

2.1. Листова« сталь 14

ГЛАВА 3. UУFУНЫ 1О1

ГЛАВА 4. СОРТАМЕНТ..... 118

4.1. Стальной прокат 118

4.1.1. Прокат листовой стальной 118

4.1.2. Сортовой и фасонный прокат 143

4.2. Трубы стальные 16О

4.3. Поковки стальные 2О3

4.4. Отливки стальные 2О9

4.5. Крепежные детали..... 224

ГЛАВА . МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АППАРАТОВИ ТРУ@ОПРОВОДОВ ВЫСОКОFО ДАВЛЕНИЯ 231

ГЛАВА 6. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ 248

6.1. Каuественна« характеристика, механотехнологиuеские свойства и обща« оценка коррosионной стойкости в агрессивных средах цветных металлов и сплавов 248

6.2. Сортамент иs аллюмини« и алюминиевых сплавов 25О

6.2.1. Листы иs алюмини« и алюминиевых сплавов 25О

6.2.2. Прутки, прессованные иs алюмини« и алюминиевых сплавов 256

6.2.3. Ленты иs алюмини« и алюминиевых сплавов 261

6.3. Сортамент иs меди и раsных сплавов..... 271

6.4. Марки, химиuеский состав, механиuеские свойства и область применени« 6роns 3О8

6.4.1. Сортамент иsделий иs 6роnsы 317

6.5. Титан и сплавы титановые деформируемые (гост 198О7) 336

6.6. Никель и никелевые сплавы 363

6.7. Свинец..... 385

ГЛАВА Z. НЕМЕТАЛЛИUЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ 386

7.1. Неметаллиuеские материалы, примен«емые в технологиuеском аппаратостроении 386

7.2. Механиuеские и фisиuеские свойства неметаллиuеских материалов 397

7.3. Сортамент полуфа6рикатов и иsделий иs неметаллиuеских материалов ... 4О2

АСТЬ II. СВАРКА, МАŇКА И СКЛЕИВАНИЕ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИ ЕСКОFО ОБОРУДОВАНИЯ..... 412

ГЛАВА 8. НЕРА36ЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ..... 412

8.1. Сварные соединени«..... 412

8.1.1. Конструктивные 5лементы подготовленных кромок свариваемых соединений руuной дуговой сваркой (FОСТ 5264) 419

8.1.2. Конструктивные 5лементы подготовленных кромок свариваемых соединений сваркой под флюсом (FОСТ 8713) 432

8.1.3. Конструктивные 5лементы подготовленных кромок свариваемых соединений в среде защитных газов (ГОСТ 14771) ... 442
8.1.4. Конструктивные 5лементы подготовленных кромок свариваемых соединений 5лектромлаковой сваркой (ГОСТ 15164) ... 457
8.1.5. Конструктивные 5лементы подготовленных кромок свариваемых соединений из двухслойной коррозионностойкой стали (ГОСТ 16098) ... 462
8.1.6. Конструктивные 5лементы подготовленных кромок сварных соединений стальных трубопроводов (ГОСТ 16037) ... 472
8.1.7. Материалы и режимы сварки ... 485
8.1.8. Сварка двухслойных сталей ... 501
8.1.9. Сварка разнородных сталей ... 508
8.1.10. Сварка алюмини« и его сплавов ... 512
8.1.11. Сварка меди и медных сплавов ... 516
8.1.12. Газова« сварка латуни Л63 ... 519
8.1.13. Сварка никел« и его сплавов ... 520
8.1.14. Сварка титановых сплавов ... 531
8.1.15. Сварные соединени« из алюмини« и алюминиевых сплавов ... 534
8.1.16. Сварные соединени« из винипласта и поли5тилена ... 550
8.2. Па«ные соединени« ... 557
8.2.1. Олов«нно-свинцовые припои ... 557
8.2.2. Серебр«ные припои ... 559
8.2.3. Медно-цинковые припои (ГОСТ 23137) ... 560
8.2.4. Основные типы и параметры па«ных соединений ... 561
8.2.5. Пределы прочности на срез па«ных соединений ... 563
8.2.6. Допускаемые напр«жени« в па«ных соединени«х ... 564
8.3. Клеевые соединени« ... 564

ГЛАВА 9. ПОКРЫТИЯ ... 567
9.1. Металлические покрыти« ... 567
9.2. Неорганические пластмассовые, резиновые и лакокрасочные покрыти« ... 570
9.3. Клеи ... 575
9.4. Кислотоупорные замазки, цементы и герметики ... 578

ГЛАВА 10. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОКЛАДОК И НА@ИВОК ... 579

ГЛАВА 11. СЕТКИ И ТКАНИ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЕ ... 586

АСТЬ III. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАС ЕТ ОСНОВНЫХ 5ЛЕМЕНТОВ И У3ЛОВ ТЕХНОЛОГИ ЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ... 594

ГЛАВА 1k. О@ЩИЕ СВЕДЕНИЯ ... 594
12.1. Назначение и характеристика технологических аппаратов (сосудов) ... 594
12.2. Общие технические услови« на сосуды и аппараты стальные сварные ... 595
12.3. Требовани« к конструкции ... 596
12.4. Днища, крымки, переходы ... 597
12.5. Требовани« к материалам ... 600
12.6. Требовани« к изготовлению ... 603
12.7. Требовани« к исполнению сварных соединений ... 612
12.8. Требовани« к качеству сварных соединений ... 615
12.9. Термическа« обработка ... 616
12.10. Методы контрол« ... 618
12.11. Комплектность и документаци« ... 627
12.12. Маркировка, консерваци« и окраска, упаковка, транспортирование и хранение ... 628
12.13. Гарантии изготовител« ... 630
12.14. Нормы и методы расчета на прочность сосудов и аппаратов общего назначени« ... 630

12.15. Регламент проведени« в симнее врем« пуска (остановки) или испытани« на герметиuность сосудов ... 651
12.16. Нормы и методы расuета на проuность сосудов и аппаратов, работающихс сероводородными средами ... 653
12.17. Требовани« к форме представлени« расuетов на проuность, выполн«емых на ЗВМ ... 656

ГЛАВА 13. О@ЕUАЙКИ ЦИЛИНДРИUЕСКИЕ ... 658
13.1. Конструкции ... 658
13.2. Расuет цилиндриuеских обеuаек на проuность ... 659
13.2.1. Расuет цилиндриuеских обеuаек ... 663
13.3. Метод расuета на проuность обеuаек и днищ с уuетом смещени« кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обеuаек ... 668

ГЛАВА 14. ДНИЩА И КРЫШКИ ПРИВАРНЫЕ ... 673
14.1. Конструкции ... 673
14.2. Расuет выпуклых днищ и крымек ... 693
14.2.1. Расuетные схемы и расuетные параметры ... 693
14.2.2. Услови« применени« расuетных формул ... 693
14.2.3. Зллиптиuеские и полусфериuеские днища ... 693
14.2.4. Торосфериuеские днища ... 694
14.2.5. Сфериuеские неотбортованные днища и крымки ... 695
14.3. Расuет плоских круглых днищ и крымек ... 697
14.3.1. Область применени« расuетных формул ... 697
14.3.2. Расuет плоских круглых днищ и крымек ... 698
14.3.3. Расuет плоских круглых крымек с дополнительным краевым моментом ... 700
14.3.4. Днища и крышки плоские круглые с радиальными ребрами жесткости ... 702
14.4. Расuет кониuеских обеuаек ... 704
14.4.1. Расuетные схемы и расuетные параметры ... 704
14.4.2. Область и услови« применени« расuетных формул ... 705
14.4.3. Кониuеские обеuайки, нагруженные давлением ... 706
14.4.4. Кониuеские обеuайки, нагруженные осевыми усили«ми ... 714
14.4.5. Кониuеские обеuайки, нагруженные изгибающим моментом ... 716
14.5. Узлы сопр«жени« оболоuек ... 717

ГЛАВА 1 . КРЫШКИ ОТбЕМНЫЕ, ЛЮКИ ... 730

ГЛАВА 16. РУ@АШКИ ... 741
16.1. Конструкции ... 741
16.2. Расuет корпусов аппаратов с неразъемными рубамками ... 741

ГЛАВА 1Z. ШТУЦЕРА ... 750

ГЛАВА 18. УКРЕПЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В СТЕНКАХ АППАРАТА ... 759
18.1. Конструкции ... 759
18.2. Условные обозначени« ... 760
18.3. Расuетные схемы ... 762
18.4. Общие положени« ... 770
18.5. Расuет укреплени« отверстий при действии давлени« ... 770
18.5.1. Услови« применени« расuетных формул ... 770
18.5.2. Основные формулы расuета укреплени« отверстий ... 771
18.6. Одиноuные отверсти« в сосудах и аппаратах ... 774
18.6.1. Расuетный диаметр одиноuного отверсти«, не требующего дополнительного укреплени« при налиuии избытоuной толщины стенки сосуда ... 774
18.6.2. Укрепление одиноuных отверстий в сосудах и аппаратах, нагруженных внутренним избытоuным давлением ... 775
18.6.3. Укрепление одиноuных отверстий в сосудах и аппаратах, нагруженных наружным давлением ... 775
18.6.4. Условие укреплени« одиноuных отверстий ... 775

18.7. Yuet вsаимного вли«ни« отверстий в сосудах и аппаратах..... 776
18.7.1. Допускаемое внутреннее иs6ытоuное давление при налиuии вsаимовли«ни« отверстий 776
18.7.2. Допускаемое наружное давление при налиuии вsаимовли«ни« отверстий 777
18.8. Расuет на проuность при внемних статиuеских нагрysках на мтуцер..... 777
18.8.1. Цилиндриuеские обеuайки под локальным воsдействием, вызванным внемними статиuескими нагрysками на мтуцер 777
18.9. Выпуклые днища под локальным воsдействием, вызванным внемними статиuескими нагрysками на мтуцер 783
18.9.1. Услови« применени« расuетных формул 783
18.9.2. Определение 5квивалентной толщины стенки выпуклого днища около мтуцера 783
18.9.3. Определение допускаемых нагрysок 784
18.9.4. Совместное действие нагрysок 786
18.9.5. Проверка проuности мтуцера 786
18.9.6. Определение максимальных расuетных напр«жений 786
18.9.7. Услови« проuности при совместном действии нагрysок 788
18.9.8. Услови« проuности при малоцикловой нагрyske..... 789
18.1О. Альтернативные численные методы расчета 789
СПИСОК ИСТОUНИКОВ ИНФОРМАЦИИ..... 790

Главы с 19 по 27 смотри в 5лектронном приложении на сайте w.w.w. iIfra-e.ru

ГЛАВА 19. ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ..... 79О
19.1. Конструкции..... 79О
19.2. Фланцы арматуры, соединительных uастей и трубопроводов на номинальное давление до РИ 25О (FОСТ 33259)..... 79О
19.2.1. Материалы фланцев и крепежных деталей 795
19.2.2. Рasмеры уплотнительных поверхностей фланцев 8ОО
19.3. Рasмеры стальных и uугунных фланцев..... 8О9
19.3.1. Рasмеры фланцев стальных плоских приварных..... 8О9
19.3.2. Рasмеры фланцев стальных плоских свобо6ных на приварном кольце 813
19.3.3. Рasмеры фланцев стальных плоских свобо6ных на отбортовке..... 818
19.3.4. Рasмеры фланцев стальных приварных встык 82О
19.3.5. Рasмеры фланцев стальных литых корпуса арматуры 83О
19.3.6. Рasмеры фланцев литых иs серого uугуна..... 835
19.3.7. Рasмеры фланцев литых иs ковкого uугуна 839
19.3.8. Рasмеры квадратных фланцев 841
19.4. Фланцы сосудов и аппаратов 844
19.4.1. Фланцы сосудов и аппаратов (FОСТ 28759.1) 844
19.4.2. Фланцы сосудов и аппаратов стальные плоские приварные (FОСТ 28759.2) 847
19.5. Прокладки дл« герметиsации фланцевых соединений..... 858
19.5.1. Прокладки плоские 5ластиuные (FОСТ 15180) 858
19.5.2. Прокладки иs неметаллиuеских материалов (FОСТ 28759.6) 869
19.5.3. Прокладки ас6ометаллиuеские (FОСТ 28759.7) 873
19.5.4. Прокладки овального, восьмиугольного сеuени«, линsовые стальные дл« фланцев арматуры (FОСТ 53561) 875
19.6. Фланцевые 6обымки 882
19.7. Расuет на проuность и герметиuность фланцевых соединений 887

ГЛАВА k0. ОПОРЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ СТРОПОВКИ АППАРАТОВ..... 914
2О.1. Конструкции 914
2О.2. Расuет обеuаек и днищ от воsдействи« опорных нагрysок..... 935
2О.3. Принцип расuета 938
2О.3.1. Общие мем6ранные напр«жени« 939
2О.4. Несущие умки 94О
2О.4.1. Услови« применени« расuетных формул 941

2O.4.2. Расuет усили«.....941
2O.4.3. Проверка несущей способности обеuайки, не подкрепленной 5лементами жесткости 941
2O.4.4. Проверка несущей способности цилиндриuеской обеuайки, подкрепленной кольцом жесткости, расположенным непосредственно под несущим умком.....943
2O.5. Опорные лапы 943
2O.5.l. Услови« применени« расuетных формул.....943
2O.5.2. Расuет усили«.....944
2O.5.3. Проверка несущей способности обеuайки.....945
2O.6. Седловые опоры.....946
2O.6.l. Услови« применени« расuетных формул.....947
2O.6.2. Расuетные усили«, расuетна« схема 947
2O.6.3. Проверка несущей способности обеuайки в сеuении между опорами.....948
2O.6.4. Проверка несущей способности оболоuки, не укрепленной кольцами жесткости в области опорного уsла.....949
2O.6.5. Проверка несущей способности обеuайки с кольцом жесткости в области опорного уsла.....95l
2O.7. Опорные цилиндриuеские стойки 952
2O.7.l. Расuет усили« 953
2O.7.2. Проверка несущей способности выпуклого днища 953
2O.8. Опорные пластинuатые стойки.....954
2O.8.l. Услови« применени« расuетных формул.....954
2O.8.2. Расuетные усили« 954
2O.8.3. Проверка несущей способности 5ллиптиuеского днища 955
2O.9. Расuет на проuность сварных мвов приварки опорных уsлов к корпусу сосуда..... 956

ГЛАВА k1. РАСUЕТ ОПОР КОЛОННЫХ АППАРАТОВНА ВЕТРОВУЮ

И СЕЙСМИUЕСКУЮ НАFРУЗКУ 957
2l.l. Условные обоsнаuени« 957
2l.2. Расuетные параметры аппаратов колонного типа.....959
2l.3. Расuетные нагруsки 96O
2l.4. Корпус аппарата колонного типа.....96l
2l.5. Опорна« обеuайка 962
2l.6. Злементы опорного уsла.....963
2l.7. Фундаментные 6олты 965
2l.8. Допускаемые напр«жени« фундаментных 6олтов и 6етона.....966

ГЛАВА kk. ТАРЕЛКИ.....967
22.l. Тарелки с одной sоной контакта фаs.....967
22.2. Тарелка с двум« sонами контакта фаs 992

ГЛАВА k3. ЗЛЕМЕНТЫ ТЕПЛОО@МЕННЫХ АППАРАТОВ.....lOO4
23.l. Конструкции трубных реметок lOO4
23.2. Расuет на проuность 5лементов кожухотрубuатых теплообменных аппаратов.....lOO8
23.2.l. Теплообменные аппараты с неподвижными трубными реметками, компенсатором или расмирителем на кожухе.....lOl4
23.2.2. Теплообменные аппараты с плавающей головкой.....lOl8
23.2.3. Теплообменные аппараты с U-обраsными трубами.....lOl9
23.2.4. Дополнительные требовани« к толщинам трубных реметок.....lO2O
23.2.5. Перегородки между ходами по трубному пространству кожухо-трубuатых теплообменных аппаратов lO2O
23.3. Расuет 5лементов аппаратов воsдумного охлаждени« lO2O
23.3.l. Услови« применени« расuетных формул lO2O
23.3.2. Расuет камер раsъемной конструкции.....lO2O
23.3.3. Расuет камер нераsъемной конструкции lO23

23.4. Теплообменники с рубамкой.....lO42

23.4.l. Услови« применени« расuетных формул lO45
23.4.2. Сосуды с U-обрasной рубамкой lO46
23.4.3. Аппараты с цилиндриuескими рубамками lO49
23.4.4. Аппараты, uастиuно охваuенные рубамками, сопр«женными с корпусом анкерными трубами или отбортовками lO5l
23.4.5. Аппараты со smеевиковыми или регистровыми каналами. lO53

ГЛАВА k4. ВРАЩАЮЩИЕСЯ ЗЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОFIUЕСКОFO О@ОРУДОВАНИЯ lO6O

24.l. Валы lO6O
24.l.l. Критиuеска« углова« скорость и условие виброустойuивости ротора, имеющего вал посто«нного попереuного сеuени« lO62
24.l.2. Расuет валов переменного сеuени« lO69
24.2. Диски lO9O
24.3. @ыстровращающиес« обеuайки ..... llIO
24.4. Тихоходные барабаны l121
24.5. Механиuеские перемемивающие устройства l133
24.5.l. Мемалки l133
24.5.2. Валы и опоры перемемивающих устройств l143
24.5.3. Стойки вертикальных приводов аппаратов с перемемивающими устройствами (ОСТ 26-Ol-lO9) l145

ГЛАВА k . УПЛОТНЕНИЕ ВАЛОВ АППАРАТОВ l149

25.l. Типовые торцовые уплотнени« (АТК 24.2Ol.l3) l152
25.l.l. Торцовые уплотнени« типа Tl (ТТ) l155
25.l.2. Торцовое уплотнение типа Т2 (ТСК) l156
25.l.3. Торцовое уплотнение типа Т8 (ТДМ-6) l157
25.l.4. Торцовое уплотнение типа Т8 (ТДМ-l6) l158
25.l.5. Торцовое уплотнение типа Т8 (ТДМ-32) l159
25.l.6. Торцовое уплотнение типа Т3 (ТД-6) l6O
25.l.7. Торцовое уплотнение типа Т3 (ТД-25, ТД-32) l6l
25.l.8. Торцовое уплотнение типа Т4 (ТДП-25, ТДП-32) l62
25.l.9. Торцовое уплотнение типа ТСФ l64
25.l.lO. Торцовое уплотнение типа Т5 (ТДФ) l65
25.l.ll. Торцовое уплотнение типа Т6 (ТДПФ) l66
25.l.l2. Торцовое уплотнение типа ТДПФ-Ol l67
25.l.l3. Торцовое уплотнение типа ТДПН llO-6К l68

ГЛАВА k6. АППАРАТЫ ВЫСОКОFO ДАВЛЕНИЯ l72

26.l. Общие сведени« l72
26.2. Конструкции основных 5лементов АВД l77
26.2.l. Днища l77
26.2.2. Фланцы и горловины. l78
26.2.3. Крымки l8O
26.2.4. Трубные реметки l8l
26.2.5. Штуцера l82
26.3. Расuет 5лементов АВД на проuность l83
26.3.l. Расuет цилиндриuеских обеuаек l86
26.3.2. Расuет днищ l87
26.3.3. Расuет фланцев l9l
26.3.4. Расuет крымек l92

ГЛАВА kZ. НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСUЕТА НА ПРОUНОСТЬ СОСУДОВ И АППАРАТОВПРИ МАЛОЦИКЛОВЫХ НАFРУЗКАХ l97

27.l. Общие положени« l98
27.2. Услови« проверки на малоцикловую проuность l99
27.3. Упрощенный расuет на малоцикловую проuность l99
27.4. Утоuненный расuет на малоцикловую проuность l2O4
27.5. Определение допускаемой амплитуды напр«жений и допускаемого uисла циклов нагружени« l2O5

научный редактор

Андрей Викторович Тимонин, Андрей Андреевич Гуськов,
Олег Борисович Монахов, Игорь Олегович Рябичев

Водоснабжение и водоотведение промышленных предприятий

научное издание
в трёх томах

Том 1
Издание 6-е, переработанное, исправленное и дополненное
Под общей редакцией А. С. Тимонина

ISBN 978-5-9729-1273-5

ISBN 978-5-9729-1277-3

Подписано в печать 30.09.2022
Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».

Издательство «Инфра-Инженерия»
160011, г. Вологда, ул. Козленская, д. 63
Тел.: 8 (800) 250-66-01
E-mail: bookiИg@iИfra-
e.ru https://iИfra-e.ru

Издательство приглашает
к сотрудничеству авторов
научно-технической литературы