

М А Баранникоф

Сварка пластмасс

М. А. БАРАННИКОВ

СВАРКА ПЛАСТМАСС

98991

Техническая
библиотека
З-д. Ленинская Конгр.

РОСТОВСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1961

В книге даны практические советы по сварке, склеиванию, по различным видам соединения пластмасс, а также по способам покрытий ими металлических поверхностей.

Рабочие, инженеры и техники, занимающиеся изготовлением деталей и конструкций из пластмасс, найдут в книге рекомендации, как сваривать пластмассы контактным способом, нагретым инструментом, трением, ультразвуком, токами высокой частоты, познакомятся с аппаратурой и оборудованием для сварки; газовыми и электрическими горелками, нагревательными элементами и т. д.

В книге дано описание приемов соединения пластмассовых деталей с деталями из других материалов, болтами и винтами, пластмассовыми кнопками, а также с помощью металлической арматуры. Читатели узнают, как контролировать качество сварных изделий из пластмасс, определять дефекты сварных соединений, познакомятся с физико-механическими, термическими и электрическими свойствами пластиков.

Автор рассказывает о методах определения видов пластмасс, о технике безопасности и охране труда при сварке, об организации отделений и участков по сварке деталей и конструкций из пластмасс, по нанесению пластмассовых покрытий на металлические поверхности.

Книга также будет полезна студентам вузов и техникумов. В ней они найдут ответы на многие вопросы, связанные с программой курса по сварке пластмасс.

Рецензент инженер В. С. Шевченко

БАРАННИКОВ Михаил Андреевич

СВАРКА ПЛАСТМАСС

Редактор Ю. А. Саакьян
Художественный редактор З. А. Лазаревич
Обложка Г. Г. Малышева
Технический редактор Л. М. Криволапова
Корректоры Г. С. Микос, Е. Г. Харченко

Изд. № 115/11039. Пл. № 131. Сдано в набор 11-VIII 1964 г. Подписано к печати 14-X 1964 г. Формат 84х108/32. Объем 5,25 физ. л. (2,625 бум. л.), 9,96 усл. л., 9,02 уч.-изд. л. Тираж 3000. ПК 20995

Ростовское книжное издательство, Ростов-на-Дону, Красноармейская ул., 23.
Типография им. Калинина Областного Управления по печати в г. Ростове-на-Дону
Заказ № 249. Цена 60 коп.

ОТ АВТОРА

В последние годы советская химия создала большое количество синтетических смол с разнообразными свойствами. Эти смолы и пластические массы на их основе находят широкое применение в технике и быту, во всех отраслях промышленности. Особенно расширилась область применения пластмасс после декабрьского (1963 год) Пленума ЦК КПСС, открывшего широкие горизонты для развития химии.

Разнообразие физико-механических свойств пластмасс, специфические свойства и, в первую очередь, низкая их плотность при сравнительно высокой прочности, а главное простота переработки в изделия открывают широкие перспективы использования их во всех отраслях промышленности.

Опыт предприятий и строительных организаций Северо-Кавказского совнархоза показывает, что без сварки во многих случаях нельзя применить пластмассы для изготовления изделий и конструкций. Поэтому в современной промышленности и строительстве сварка пластмасс становится мощным средством технического прогресса и одним из основных технологических процессов.

Сварка пластмасс позволяет более экономно использовать материалы, снижает трудовые затраты и повышает сроки службы изделий. Сейчас трудно назвать отрасль промышленности, строительства или сельского хозяйства, где бы нельзя было применить сварку пластмасс.

Для рационального применения пластмасс необходимо учитывать все их свойства, а именно: химическую и термическую стойкость, воздухо- и водонепроницаемость, прочность, ползучесть, способность противостоять ударным на-

грузкам и т. п. Наряду с этим, обязательно надо учитывать способность пластмасс давать прочные сварные швы.

В предлагаемой книге автор на основе личного опыта и опыта заводов Ростсельмаш, Нефтемаш, механического завода № 5, Новочеркасского электровозостроительного и электродного заводов, а также других предприятий Северо-Кавказского совнархоза освещает ряд вопросов, связанных со сваркой пластмасс.

Использованы также данные, полученные в лабораториях институтов. Так, например, режимы сварки полиамидных пленок, широко применяющихся для упаковки сыпучих веществ и механизмов, взяты из разработок лаборатории сварки пластмасс Ростовского-на-Дону института сельскохозяйственного машиностроения.

Автор с благодарностью примет все замечания и пожелания по данной книге.

ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Синтетические смолы органического происхождения являются основой пластических масс. Делятся они на две большие группы — термореактивные (реактопласты) и термопластичные (термопласты).

К первым относятся полимеры, которые, будучи однажды нагретыми до определенной температуры, переходят в неплавкое и нерастворимое состояние. Их можно формовать при нагреве и давлении только на определенной стадии производства. В результате термического воздействия они необратимо теряют эту способность. Реактопласты перерабатываются в изделия и конструкции только путем прессования.

Термопластичными называются такие материалы, которые при нагревании размягчаются и становятся пластичными, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние. Таким образом, термопластичные материалы, или термопласты, могут подвергаться многократному нагреву и охлаждению без заметного изменения свойств при условии, если они нагреваются не выше температуры разложения. Такие пластические массы перерабатываются в изделия и конструкции с помощью всех современных способов сварки, литья под давлением с последующей сваркой и экструзией (выдавливанием).

Процесс сварки заключается в соединении деталей за счет межмолекулярных сил сцепления. Для этого кромки соединяемых деталей и присадочный материал, если он применяется, нагревают до размягчения, а затем соединяют под небольшим давлением.

Сварка термопластов является одним из основных методов производства изделий, причем области использования сварки почти столь же разнообразны, как и само применение этих пластмасс. Часто сварка дополняет экструзию или сочетается с ней, поскольку в ряде случаев оказывает

ся необходимым вваривать в изделия муфты и т. п.

Широкое применение получили металлические трубы, футерованные пластмассовыми трубами. Термопласты в них, благодаря наличию прочной и жесткой стальной оболочки, частично освобождаются от механических нагрузок. Такие трубы могут использоваться для транспортировки агрессивных сред в значительно более широких диапазонах температур и давлений, чем обычные пластмассовые трубы. Футерованные трубы не боятся случайных ударов, благоприятно реагируют на резкие смены температур и давлений. Трубы, футерованные винилпластом, могут применяться взамен труб из нержавеющей стали. Они в 1,5—2 раза дешевле.

Для внутренней облицовки железобетонных резервуаров, для хранения нефти и светлых нефтепродуктов, в целях предупреждения просачивания продуктов через стенки и дно используют сварные листы винилпласта толщиной 3 мм, которые обеспечивают герметичность резервуара и не вступают в химическое взаимодействие с находящимися в нем продуктами.

Во многих конструкциях соединение пластмассовых деталей и узлов еще до сих пор производится путем сшивания и склеивания. Сварка по сравнению с этими методами имеет целый ряд преимуществ. При замене сшивных и клееных швов сварными отпадает целый ряд довольно трудоемких технологических операций, таких как закладка швов, подготовка поверхности деталей под склеивание, смазывание их слоем клея, просушка слоев клея, спрессовывание деталей после склеивания, удаление избытка клея, который выдавливается за края швов.

Сварка позволяет получать прочные и плотные швы, а также производить декоративную отделку лицевых деталей конструкций и изделий. При этом исключаются затраты ниток, клея, растворителей, кислот, необходимых для сшивания и склеивания.

Физико-механические, термические и электрические свойства пластмасс, пригодных для сварки

Применение пластмасс в производстве сварных изделий и конструкций находится в прямой зависимости от их технических характеристик. Пластические массы имеют раз-

личные физико-механические, термические и электрические свойства.

Некоторые основные физико-механические свойства наиболее распространенных термопластов приведены в таблице 1.

Из данных таблицы видно, что пластические массы свариваются при разных температурах, в силу чего для различных пластических масс технологический процесс сварки различен. Приводимые показатели следует рассматривать только как ориентировочные, потому что на них оказывают большое влияние многие факторы: вид пластификаторов и их содержание, способы производства пластмасс, их обработка и т. д.

В некоторых случаях, чтобы придать пластмассам требуемые свойства и получить изделия и конструкции нужного цвета, в них вводят пластификаторы, красители и загустители.

Пластификаторы облегчают обработку пластических масс и, кроме того, придают им такие свойства, как, например, эластичность и морозостойкость. Они повышают относительное удлинение пластмасс при разрыве, но несколько снижают прочность на разрыв и увеличивают ползучесть.

Стабильность свойств изделий и конструкций из пластмасс в значительной степени зависит от того, как долго сохранится в них пластификатор. Многие пластификаторы, несмотря на низкую летучесть паров, все же выветриваются из готовых изделий и конструкций. Это приводит к некоторому изменению их размеров. В результате снижается эластичность материалов и образуются трещины. Чтобы предупредить старение, по возможности стремятся уменьшить содержание пластификаторов или использовать вместо них низкомолекулярные вещества — сложные эфиры, фталевую, фосфорную, себациновую и другие кислоты.

Для производства губчатых материалов, или пенопластов, в состав пластмасс вводят специальные вещества — пенообразователи.

Окрашивают пластмассы различными термостойкими и светостойкими органическими или минеральными красителями.

Чтобы пластмассы не выцветали на солнечном свете, иногда вводят сажу в количестве 2—3%. Действие сажи тем эффективнее, чем она дисперснее и чем равномернее распределена в пластической массе. Наилучшие результаты дает газовая канальная сажа.

Физико-механические свойства

свариваемых термопластов

Свойства	Винипласт	Полиэтилен	Полиамиды	Полистирол	Полиметил- метакрилат	Поливинил- хлоридный пластикат	Полипропилен	Фторопласт	Полизобу- тилен
Удельный вес, г/см ³	1,38	0,92	1,12	1,07	1,18	1,38	0,9—0,91	2,1—2,3	1,35
Водопоглощение за 24 часа при 20°, %	0,4—0,6	0,01	0,5	0,001	0,17	0,5	—	—	—
Предел прочности, кг/см ² :									
при растяжении	500	100—200	150—600	200	790—990	100	300—350	140—200	35
при сжатии	800	240	250	1000	1200—1600	—	600—700	200	—
при изгибе	1000—1200	110	145—250	500	800—1400	До 900	9000—12000	110—140	—
Удлинение при разрыве, %	10—15	500—600	30	1—3,6	3—10	100	500—700	250—500	550—600
Удельная ударная вязкость, кг/см ²	120	—	100	8—10	10—20	4—12	80	100	—
Твердость по Бринеллю, кг/мм ²	15—16	25	15	20	20	—	85—95	3—4	67 по Шору
Модуль упругости	40000	1500	1350	29000	32000—40000	—	—	4700—8600	—
Теплостойкость по Мартенсу, град.	65	55—99	55	65—68	80	40—70	150	95	75—85
Теплоемкость, кал/г	0,32—0,51	0,53—0,7	0,6	0,32	0,35	0,36—0,48	0,46	0,6	0,45
Температурный предел применения, град.	От—15 до +55	От—60 до +80	От—30 до +50	До 80	—	От—15 до +150	От—80 до +150	От—100 до +250	От—55 до +100
Сцепление со сталью (агдезия), кг/см ²	25—40	10—15	100—150	200—220	—	3—4	—	180—210	—
Температура сварки, град.	200—240	140—180	160—230	140—160	200—220	180—200	160—165	380—385	190—200
Теплопроводность, ккал/м·час	0,14	—	0,05—0,08	0,19	0,08	0,03—0,012	0,12	0,59—0,6	0,25—0,35
Удельное объемное сопротивление, ом/мм ³	1,8×10 ¹⁴	10 ¹⁷	(3—4)×10 ¹⁴	10 ¹⁷	8×10 ⁶	(0,5—1)×10 ¹²	10 ¹⁶	(1,1—1,9)× ×10 ¹⁶	10 ¹⁵
Диэлектрическая проницаемость при 10°, гц	2,0	2,2—2,4	3,8—4,2	2,6—3,0	1,8—2,5	3,0—4,0	2—2,1	—	—
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10°, гц	0,022	0,0002— 0,001	0,024—0,03	0,001— 0,002	0,012— 0,02	0,01— 0,16	0,0002— 0,0003	—	—
Коэффициент преломления	—	1,5	—	1,59—1,67	1,49	—	—	—	—

К термопластам, обладающим хорошей свариваемостью, относятся винипласт (поливинилхлорид), полиэтилен, полиизобутилен, полиметилметакрилат, полиамиды, полистирол, полипропилен, фторопласт-4, ацетатцеллюлоза, терефталат полиэтилена и некоторые другие.

К основным техническим характеристикам пластмасс, применяемым для производства сварных конструкций и изделий, относятся: весовые характеристики, механические свойства, тепловые характеристики, химическая стойкость, электроизоляционные свойства, фрикционные свойства и др.

Весовые характеристики. В большинстве своем пластмассы отличаются сравнительно низким удельным весом, колеблющимся в пределах $1,05\text{--}2,1\text{ г/см}^3$ (в среднем $1,4\text{ г/см}^3$). Исключение составляют газонаполненные пластмассы, обладающие наименьшими весовыми характеристиками среди материалов этого типа. Так, например, удельный вес наилегчайших высокополимеров — полиизобутилена, полиизопрена — составляет $0,90\text{--}0,95\text{ г/см}^3$, тогда как удельный вес газонаполненных пластмасс находится в пределах от $0,20$ до $0,85\text{ г/см}^3$ (микропористые резины). Следовательно, большинство пластмассовых деталей и изделий приблизительно вдвое легче тех же изделий из дуралюмина и в 5 раз легче тех же изделий из чугуна и стали. Это обстоятельство в сочетании с относительно высокими прочностными характеристиками позволяет, особенно слоистым пластмассам, в ряде случаев успешно конкурировать с металлами.

Механические свойства. На величины показателей прочности различных пластмасс большое влияние оказывают характер и относительное количество (содержание) наполнителя. Наиболее механически прочными являются слоистые пластики с листовыми волокнистыми наполнителями органического и минерального происхождения. На механические свойства влияют температурные условия эксплуатации и влажность окружающей среды. Постоянно действующая нагрузка вызывает ползучесть.

Из-за анизотропии строения и плохой теплопроводности слоистых масс при эксплуатации и обработке изделий из них необходимо соблюдать определенные правила — не прилагать нагрузку в сторону, способствующую расслаиванию или сдвигу волокнистого наполнителя, применять охлаждающие смазки, пользоваться специальным инструментом и т. д.

Тепловые характеристики. Теплостойкость обычно опре-

деляется по условной методике, например по Мартенсу, характеризующей способность пластика сопротивляться действию определенной статической нагрузки при повышении температуры (деформационная теплостойкость).

Жаростойкость характеризует степень горючести пластика при определенных условиях (изменение веса на длину обгоревшей части образца при трехминутном соприкосновении с нагретым до 950° силитовым стержнем).

Химическая стойкость. Свойства связующего и наполнителя в основном определяют химическую стойкость пластмасс. Наиболее химически устойчивыми в отношении всех агрессивных сред являются фторосодержащие полимеры — фторопласт-4 и фторопласт-3. К числу кислотостойких пластмасс в отношении концентрированной соляной кислоты могут быть отнесены винипласт, фенопласты с асбестовыми наполнителями (фаолит) и др.

Стойкими к действию щелочей являются такие разновидности пластмасс, как асфальтопечковые, винипласт и хлорвиниловый пластикат.

Фенопласты и аминопласты с органическими наполнителями неустойчивы к действию щелочей, причем гетинакс значительно менее стоек, чем текстолит. В то же время фенопласты намного лучше противостоят действию слабых соляной и серной кислот. Фенопласты и аминопласты хорошо сопротивляются действию бензина, трансформаторного масла и морской воды.

Электроизоляционные свойства. Все пластмассы обладают более или менее ярко выраженными электроизоляционными свойствами, зависящими от природы связующего вещества, типа и относительного количества наполнителя, влажности материала и некоторых других факторов. Большинство пластмасс плохо переносит ТВЧ, и поэтому они применяются в качестве электроизоляционных материалов для изготовления изделий, которые предназначаются для работы при частоте тока в 50 гц . Однако такие наполненные высокополимеры, как фторопласты и полистирол, практически не изменяют своих диэлектрических качеств в зависимости от частоты тока и могут работать при высоких и сверхвысоких частотах.

Повышение температуры, как правило, ухудшает электроизоляционные характеристики пластмасс. Лучше всего переносит повышение температуры полистирол (он практически не изменяет своих свойств в интервале от -60 до $+60^\circ$) и фторопласт-4, сохраняющий электроизоляционные

характеристики в диапазоне температур от -60 до $+200^{\circ}$.

Фрикционные свойства. В зависимости от состава и условий работы пластмассовые детали могут обладать различными по величине фрикционными характеристиками. Так, например, текстолит при малых нагрузках (до 50 кг/см^2) при наличии смазки (вода, эмульсия и т. п.) имеет низкий коэффициент трения — от $0,03$ до $0,07$, тогда как коэффициент трения тормозных пресс-материалов КФ-3 достигает высоких значений — $0,30$ — $0,38$.

Малый коэффициент трения, износостойкость, высокие экономические показатели (незначительное расходование смазочных материалов), отсутствие вредного влияния на износ шеек вала и др. позволяют изготавливать подшипники из текстолита. Они способны выдерживать удельное давление до 80 кг/см^2 и в 4 раза долговечнее аналогичных подшипников из бронзы.

Винипласты

Винипласт — продукт, получаемый переработкой полихлорвиниловой смолы путем введения в нее стабилизаторов (веществ, повышающих устойчивость материала при нагреве) с последующей термической пластификацией. Из винипласта готовят листы, стержни, трубы, пленку и сварочные прутки. Широко применяются пластмассы на основе полихлорвиниловой смолы, поливинилового спирта, поливинилацетата и поливинилацетатной эмульсии с добавлением стабилизаторов, пластификаторов и красителей. Винипласты поддаются выдавливанию, штамповке, гибке, обработке резанием, сварке, пайке и склейке с деревом, металлом и бетоном. Химически устойчивы к воздействию почти всех кислот, щелочей и растворов солей любых концентраций, за исключением азотной (выше 50%) и олеума. Обладают хорошими электроизоляционными свойствами, мало изменяющимися при увлажнении. Температурный предел применения винипластов $+70^{\circ}$. При температуре ниже -10° они хрупки.

Как видно из таблицы 1, винипласт обладает сравнительно высокой для пластмасс прочностью, эластичностью и малым удельным весом. Однако он неустойчив к ароматическим и галогенсодержащим углеводородам, к простым и сложным эфирам. В них винипласт набухает и растворяется.

Химическая стойкость винипласта сделала его одним из

самых распространенных в химической промышленности антикоррозионных материалов. Значительная, по сравнению с другими термопластами, механическая прочность дает возможность использовать винипласт в качестве конструкционного материала. Конструкции из него, как правило, легче металлических, а служат не меньше, а иногда и дольше последних.

Винипласт хорошо поддается механической обработке на обычных металлорежущих станках. Большие скорости резания, порядка 700 — 1000 м/мин , обеспечивают высокую чистоту обработки.

Резцы для обработки винипласта можно изготавливать из углеродистой стали У-12А, У-13А, быстрорежущих сталей разных марок, а также с пластинками из твердых сплавов.

Из винипласта изготавливают различное оборудование, большей частью для нужд химических производств: мерники и хранилища, электролитические ванны, трубопроводы и арматуру, вентиляционное оборудование, сепараторы для разделения аккумуляторных пластин и т. п. Винипластовая пленка используется для обкладки (обклейки) внутренних поверхностей аппаратов.

Широкое использование оборудования из винипласта повлекло за собой необходимость выпуска целого ряда готовых изделий, а также разнообразных полуфабрикатов — листов, труб, стержней, сварочных прутков, стандартизованных соответствующими техническими условиями.

Листы изготавливаются следующих размеров: длина — 1300 — 1500 мм , ширина — 500 — 650 мм , толщина — от 2 до 20 мм .

Трубы выпускаются длиной от $1,5$ до 3 м , наружным диаметром от 10 до 166 мм с толщиной стенки от 2 до 8 мм ; стержни — диаметром от 5 до 50 мм , длиной от $1,5$ до 3 м ; сварочные прутки — диаметром от $1,5$ до 4 мм , длиной $0,5 \text{ м}$. Винипластовая пленка имеет длину от 1 до 20 м , ширину 600 — 800 мм и толщину $0,3$ — 1 мм .

Полихлорвиниловый пластикат

Полихлорвиниловый пластикат представляет собой пластифицированную и стабилизированную полихлорвиниловую смолу. Пластификаторы сообщают пластикату эластичность и морозостойкость. При изготовлении пластиката в него часто вводят пигменты и красители, а также наполнители.

С увеличением содержания пластификатора возрастает пластичность материала, одновременно с этим снижаются физико-механические и химические свойства. Пластикат стоек к воздействию воды, многих кислот, щелочей и органических растворителей. Выпускается он в виде пленок и листов толщиной от 1 до 5 мм, трубок диаметром от 50 мм и более с толщиной стенок от 0,3 до 10 мм; теплопроводность—0,14—0,29 ккал/м·час·град, температура сварки—175—200°. Предел прочности при разрыве—400—1000 кг/см², прочность при продавливании—1—3,5 кг/см².

Полиэтилен

Полиэтилен, полимер этилена, представляет собой высокомолекулярный парафин.

Исходным веществом для получения полиэтилена служит газ этилен—дешевое и доступное сырье, получаемое главным образом при пиролизе и крекинге нефти.

Полиэтилен представляет собой твердый желтовато-белый роговидный продукт и является одним из самых легких полимеров. В готовые изделия может перерабатываться путем вальцевания, прессования, экструзии и т. д. При обычной температуре это довольно мягкий материал. Хрупкость он приобретает при —60° и ниже.

Изделия из полиэтилена при высоких температурах значительно изменяют объем и длину. В связи с этим при охлаждении изделий от 120 до 20° усадка может достигать 15—16% от первоначального объема. Прочность полиэтилена в 2—4 раза меньше, чем винилпласта, а относительное удлинение при разрыве достигает 600—900%.

Полиэтилен обладает высокими диэлектрическими свойствами, что обусловлено строением его молекулы. Он имеет очень незначительные диэлектрические потери как при промышленных частотах порядка 50 гц, так и при высоких частотах (10⁶ гц). Наибольшие электрические потери наблюдаются при частоте 10⁹ гц.

Полиэтилен обладает высокой химической стойкостью к различным агрессивным средам. Он стоек к действию кислот и щелочей различной концентрации. При комнатной температуре (15—20°) на него практически не действуют соляная и фтористоводородная кислоты любой концентрации, он относительно стоек к воздействию крепкой серной кислоты при концентрации 94%, хотя при длительном воздействии ее постепенно темнеет.

По отношению к разбавленной азотной кислоте концентрации не более 10% полиэтилен стоек; однако в концентрированной азотной кислоте разрушается. Он устойчив к воздействию органических соединений этилового и метилового спиртов, формальдегида, относительно стоек в некоторых кетонах (ацетоне) и в сложных эфирах (этил-ацетате). В углеводородах ароматического ряда (бензол, толуол, ксилол) и в ряде растворителей типа четыреххлористого углерода, хлороформа полиэтилен набухает.

С повышением температуры стойкость полиэтилена как к минеральным, так и органическим реагентам уменьшается. При нагревании без доступа воздуха он устойчив до 290°. В присутствии же воздуха окисление наступает уже при 120°. При этом изменяется структура и образуются пространственные, полностью нерастворимые полимеры.

Особенно активно идет окислительная деструкция полиэтилена под действием ультрафиолетовых лучей. Чтобы избежать этого, вводят специальные добавки—антиокислители. Они замедляют процесс старения (окисления) полиэтилена на свету.

Отличные электроизоляционные свойства при высоких частотах позволили широко применять полиэтилен в радиотехнической промышленности для изготовления изоляции всевозможных высокочастотных кабелей. Сочетание электроизоляционных свойств с высокой химической стойкостью сделало полиэтилен незаменимым материалом при изготовлении оболочек подводных кабелей.

Высокая химическая стойкость позволяет использовать полиэтилен как защитный материал от действия ряда агрессивных жидкостей: крепких минеральных кислот, щелочей, солей, перекисей и др.

Применяют полиэтилен как в виде самостоятельного конструкционного материала при небольших нагрузках, так и для обкладки (футеровки) аппаратов, а также для нанесения защитных покрытий способом газопламенного напыления. Из него можно изготавливать трубопроводы, вентили, краны, золотники и другие узлы, детали арматуры и вспомогательное оборудование, например воронки для плавиковой кислоты. Полиэтиленовые пленки являются прекрасным герметизирующим материалом и широко применяются при изготовлении газо- и влагонепроницаемой упаковки для пищевых продуктов и фармацевтических препаратов, для веществ, обладающих повышенной чувствительностью к сырости или к высыханию, например селитры,

твердых щелочей, силикагеля, а также для упаковки инструментов и разных металлических деталей.

Благодаря нетоксичности и инертности полиэтилен может быть широко использован в качестве материала для небующей посуды.

Из полиэтилена можно изготавливать почти бесшумные шестерни для быстроходных станков с малой нагрузкой, для магнитофонов, для звукозаписывающей аппаратуры, а также легкие эластичные водопроводные трубы, которые не разрываются при замерзании.

Полиамиды

Это термопластические материалы, бесцветные или окрашенные в желтовато-коричневый цвет. К ним относятся широко известные нейлон, капрон и др. Полиамидные смолы обладают высокими механическими показателями: высокой прочностью на растяжение, сжатие и изгиб, высокой удельной ударной вязкостью. В зависимости от строения исходных материалов свойства полиамидных смол могут значительно изменяться, но, как правило, полиамиды устойчивы к воздействию углеводов, минеральных и органических масел, эфиров и растворов щелочей.

Некоторые типы полиамидов устойчивы по отношению к спиртам, альдегидам и щелочам.

В минеральных, муравьиной и уксусной кислотах, в фенале большинство полиамидов растворимо. В твердом состоянии полиамиды устойчивы к кислороду, но в расплаве легко окисляются уже на воздухе.

Полиамидные смолы поглощают до 8% воды, при этом они становятся более эластичными.

Элементы литых изделий из полиамидов могут быть сварены или склеены эпоксидными смолами. При конструировании и изготовлении деталей необходимо учитывать низкую теплопроводность и высокий коэффициент теплового расширения полиамидов. Коэффициент расширения у них в 10 раз больше, чем у стали. Детали рекомендуется выполнять тонкостенными.

Конструкции и изделия из полиамидов отличаются относительно высокими разрывной прочностью и твердостью, эластичностью, трудновоспламеняемостью, совершенно не имеют запаха, устойчивы к действию минеральных, растительных, животных масел и жиров, к действию большин-

ства обычно применяемых растворителей, стойки против плесневых грибов и бактерий.

Температура плавления полиамидов при разных модификациях — от 195 до 265°.

Полиамидные пленки выпускаются трех марок: А, Б, В, длиной 30000 мм, шириной от 1200 до 1500 мм, толщиной от 0,05 до 0,1 мм.

Большая часть полиамидов перерабатывается на волокно. Из них получают пленку и заменители кожи, которые, в частности, идут на изготовление приводных ремней. Благодаря высокой твердости и износостойкости полиамиды нашли широкое применение при изготовлении подшипников, а также деталей изделий, подверженных кавитации. Смазкой в таких подшипниках является вода, но они могут работать и без смазки.

Из полиамидов изготавливают шестерни и мелкие детали: болты, гайки, прокладки. В зубчатых передачах необходимо предусматривать зазоры, обеспечивающие устранение заеданий при повышении температуры. Чаще всего полиамиды перерабатывают литьем под давлением, используя то обстоятельство, что полиамиды плавятся в сравнительно узком интервале температур и в расплаве имеют низкую вязкость. Сваривают полиамиды с помощью нагретого газа или нагревательных элементов. Возможна сварка и другими способами (токами высокой частоты, ультразвуком, трением), однако пока значительного опыта применения этих способов не имеется. Сварка рекомендуется также при изготовлении приводных ремней из полиамидов, так как прочность сварного соединения близка к прочности основного материала.

Полиизобутилен

Это каучукоподобный эластичный мягкий материал, получаемый полимеризацией изобутилена в присутствии катализаторов при очень низких температурах порядка минус 100°. В качестве катализаторов применяются различные коллоидные соединения. Изобутилен $\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2$ представляет бесцветный газ с температурой кипения 6,9° (760 мм), температурой замерзания 140,8°, удельным весом (при -10°) 0,631 и показателем преломления (при 25°) 1,3796.

При растяжении полиизобутилен имеет относительное удлинение до 2000%, и его прочность в пересчете на действительное, а не первоначальное сечение составляет 600—

1200 кг/см^2 . Он обладает свойствами хладотекучести. При обычных условиях устойчив к воздействию почти всех кислот, в том числе азотной; к щелочам и галогенам, в некоторых условиях — к действию царской водки.

Полиизобутилен склонен к окислительной деструкции в присутствии ультрафиолетовых лучей с образованием маслянистых продуктов. Введение активных наполнителей: сажи, графита, талька, полиэтилена, каучука, фенольных смол — улучшает стойкость полиизобутилена к свету и атмосферному кислороду, улучшает его механические свойства.

Сравнительно легко растворяется полиизобутилен в ароматических углеводородах, сероуглероде, хлорированных углеводородах. В спиртах, кетонах, сложных эфирах и других полярных растворителях полиизобутилен нерастворим.

Использовать полиизобутилен без наполнителей нецелесообразно из-за его мягкости и хладотекучести. Лучше всего применять его в смеси с наполнителями, количество которых в массе доходит до 90%. Наполнителями чаще всего служат сажа и графит.

Листы и пленки с наполнителями и без них, а также листы из компаундов полиизобутилена с полиэтиленом, поливинилхлоридом, полистиролом и другими соединениями являются хорошим изоляционным материалом.

Большое промышленное значение приобрел сополимер полиизобутилена с бутадиеном. Полиизобутилен хорошо совмещается также с битумом и парафином, повышая их химическую стойкость и механические показатели. Наша промышленность изготавливает резиновую полиизобутиленовую пластину толщиной до 2,5 мм, состоящую из равных количеств высокомолекулярного полиизобутилена, графита и газовой сажи. Эта пластина, выпускаемая в рулонах, широко используется для обкладки аппаратуры в целях предохранения ее от коррозии. Интервал температур, в котором могут эксплуатироваться изделия из полиизобутилена находится в пределах от -50 до $+60^\circ$.

Применяется полиизобутилен преимущественно в кабельной промышленности и химическом машиностроении для антикоррозионных покрытий, футеровки и изготовления прокладок.

Для резиновой, химической и электротехнической промышленности выпускается высокомолекулярный полиизобутилен марок П-118, П-155 и П-200. Пластины ПСГ ис-

пользуются для антикоррозионных покрытий. Пластины ПТА и ПГ применяются в качестве уплотнительных материалов.

Полиметилметакрилат

Продукт полимеризации метилметакрилата — полиметилметакрилат — широко известен. Это полимер метилового эфира метакриловой кислоты. На основе акриловых смол выпускаются материалы, называемые акрилатом, органическим стеклом, плексигласом. Из них делают трубы, стержни, блоки и т. п. Кроме того, полиметилметакрилат может быть получен в виде порошка, перерабатываемого в изделия прессованием при температуре $175-190^\circ$ и давлении не ниже $250-300 \text{ кг/см}^2$.

Полиметилметакрилат — твердый прозрачный материал, отличающийся от стекла большей упругостью и эластичностью при весьма высоких для пластмасс прочностных свойствах. Свойства его с понижением температуры изменяются незначительно: это один из немногих пластиков, удельная ударная вязкость которого почти не меняется с понижением температуры и практически стабильна в пределах от -183 до $+60^\circ$, хотя модуль упругости и статическая прочность с понижением температуры повышаются.

Ценным свойством этого пластика являются его бесцветность и прозрачность, а также способность пропускать ультрафиолетовые лучи. Он пропускает свыше 99% падающего на него солнечного света, что значительно превышает пропускную способность обычного стекла.

Если же сравнить пропускную способность в ультрафиолетовой части спектра, то окажется, что кварцевое стекло пропускает 100% ультрафиолетовых лучей, полиметилметакрилат — 73,5%, зеркальное силикатное — 3%, а обычное силикатное — всего 0,6%.

Полиметилметакрилат по комплексу свойств может быть назван органическим стеклом, причем по прочности, особенно к знакопеременным динамическим нагрузкам, он превосходит в десятки раз обычное стекло. Светотехническое органическое стекло специальных сортов дает рассеянный мягкий свет и удобно для устройства световых приборов в автомобильной промышленности.

Полиметилметакрилат имеет высокие механические свойства, в частности высокую ударную прочность, стойкость к воде, бензину, маслам. Он атмосфероустойчив и

очень медленно стареет, но обладает меньшей твердостью, чем силикатное стекло, и не стоек к абразивному истиранию, однако царапины можно заполировать. Органическое стекло легко поддается склеиванию, например в своем мономере (метилловый эфир метакриловой кислоты) или дихлорэтаноле. Легко поддается механической обработке и переработке обычными для пластиков способами. Полиметилметакрилат растворим в сложных эфирах, кетонах, ароматических и хлорированных углеводородах и безводных органических кислотах. Он не растворяется в алифатических углеводородах, жирных маслах, глицеролах, четыреххлористом углероде, формамиде и бензине.

В промышленности полиметилметакрилаты применяются преимущественно в виде листового материала — органического стекла, которое легко обрабатывается любым механическим способом: резанием, опилкой, шлифовкой, обточкой, сверлением. Листы выпускаются толщиной 0,7—20 мм.

При температуре 70—80° органическое стекло легко гнется, выдувается и штампуются под небольшим давлением в простых формах. Для производства мелких изделий штампованием из листа, разогретого примерно до 90° горячим воздухом или в горячей воде, высекаются заготовки, которые в подогретом же виде запрессовываются в законченное изделие.

Изделия полусферической и другой формы могут быть получены выдуванием разогретого листового полиметилметакрилата горячим воздухом без формы или в форму.

Широко используется полиметилметакрилат для остекления самолетов, аппаратов и приборов. Из него изготавливают небыющиеся часовые и оптические стекла и т. д. Полиметилметакрилат-пресспорошок нашел широкое применение при изготовлении методом прессования разнообразных технических изделий, медицинских приборов и предметов широкого потребления.

Благодаря высокой степени прозрачности, особенно в ультрафиолетовой части спектра, органическое стекло с успехом используется вместо обычного в теплицах и парниках.

Интересным видом пластиков является пластмасса АСТ-Т, получаемая из порошка полиметилметакрилата с добавкой инициатора и пигмента. Перед применением в порошок вводится мономер метилметакрилата с активатором. Пластмасса АСТ-Т используется в производстве вы-

тяжных и гибочных штампов, съёмников, шаблонов, для заделки трещин, вмятин и других дефектов. Пластмассы АСТ-Т быстро отвердевают без термообработки. При производстве штампов порошок (полиметилметакрилат) смешивают с гипсом в соотношении 60 весовых частей порошка на 40 весовых частей гипса, а затем с мономером метилметакрилата (жидкость) в соотношении 1:1. Масса отвердевает в течение 10—15 мин за счет экзотермической реакции, происходящей при смешивании компонентов.

Полистирол

Полистирол — один из наиболее распространенных и перспективных видов пластмасс. Благодаря высокой водо- и химической стойкости он широко применяется в технике.

Получают его полимеризацией стирола, который иначе называется винилбензолом, или фенилэтиленом.

Стирол представляет собой бесцветную жидкость с температурой кипения 145°. Для производства стирола используют продукты сухой перегонки каменного угля или стирольно-ксилольные фракции, образующиеся при крекинге или пиролизе нефти. Хотя исходный материал — стирол — токсичен, сам полистирол совершенно безвреден для организма человека.

Полистирол в блоке или готовом изделии при комнатной температуре представляет собой твердый и упругий материал, имеющий аморфную структуру. При повышении температуры до 80—90° начинают проявляться высокоэластические свойства, причем для полистирола с молекулярным весом 100.000 и выше эластические свойства сохраняются в интервале температур 80—150°.

Как и полиметилметакрилат, полистирол бесцветен и прозрачен. Он пропускает 90% лучей видимого света. При длительном облучении солнечным светом, в особенности при температуре около 85°, поверхность полистирола желтеет.

Несмотря на то что полистирол имеет аморфную структуру, при растяжении происходят ориентация и распрямление его макромолекул, что приводит к значительному увеличению прочности в направлении вытяжки, однако рентгеноструктура ориентировочных пленок не дает указания на образование кристаллов. Таким образом, жидкостная структура полистирола сохраняется как в обычном, так и в ориентировочном состоянии.

Механические свойства полистирола зависят в определенных пределах от его молекулярного веса — степени полимеризации. Низкомолекулярные продукты очень хрупки и непрочны; с увеличением молекулярного веса прочностные свойства увеличиваются и одновременно уменьшается хрупкость. При достижении определенной величины молекулярного веса (около 10.000) механические свойства полистирола изменяются мало.

По комплексу диэлектрических свойств полистирол относится к наиболее совершенным диэлектрикам, уступая лишь полистилену, и политетрафторэтилену.

В химическом отношении полистирол является одним из наиболее стойких полимеров. Он стоек к воде и водным растворам многих солей; не изменяется под действием концентрированных растворов щелочей и кислот, спирта, скипидара и масел. Исключением является азотная кислота, под действием которой полистирол разрушается. Растворяется он также в стироле, бензоле, дихлорэтаноле, ароматических углеводородах. При высоких температурах происходит деполимеризация, которая ускоряется в присутствии воздуха. Температура, при которой начинается этот процесс, зависит от молекулярного веса полимера. Чем выше молекулярный вес, тем при более низкой температуре начинается деполимеризация. Так, среднемолекулярный полистирол деполимеризуется при 300°, высокомолекулярный — при 250—300°.

Особая ценность полистирола заключается в его высоких диэлектрических свойствах.

Изделия из полистирола не имеют запаха, не обнаруживают хладотекучести даже под нагрузкой и имеют высокий модуль упругости.

Существенными недостатками являются: относительно большая хрупкость и тенденция к растрескиванию в процессе эксплуатации, низкие теплостойкость и морозостойкость, горючесть.

Легкость переработки, высокие диэлектрические и химические свойства, прозрачность и бесцветность обеспечили полистиролу широкое применение в самых разнообразных областях техники. Он легко перерабатывается методами прессования, литья под давлением, экструзии и выдувания, хорошо поддается механической обработке.

Важнейшими отраслями, применяющими полистирол, являются промышленность средств связи и высокочастотная радиотехника. Из него изготавливают радиодетали,

пленки для высокочастотных конденсаторов, изоляции высокочастотных кабелей, а также различные электроизоляционные детали, например основание для конденсаторов, ламповые панели, каркасы катушек. Полистирол находит применение и в химической промышленности. Из него делают лабораторную химическую посуду: воронки, фильтры, стаканы, емкости для хранения фтористоводородной кислоты, прозрачные баки для кислотных аккумуляторов, кислотопроводы, различные детали. Изделия из полистирола находят применение в пищевой и фармацевтической промышленности.

Сополимер стирола с нитрилом акриловой кислоты или с аналогичным мономером используют для изготовления деталей электрооборудования и приборов, обшивки стен, внутреннего оборудования вагонов, ударопрочных средненагруженных деталей общего назначения, корпусов и крышек аккумуляторов, а также крупногабаритных емкостных деталей, изготавливаемых из листов вакуум-формовочным методом (кожухи, раковины, ванны).

Сополимеры полистирола обладают повышенной механической прочностью и теплостойкостью. Из них изготавливают детали насосов для нефтедобычи и водоснабжения, детали санитарных узлов, трубы для воды и масла и др.

Полипропилен

Полипропилен — высокомолекулярный регулярно построенный кристаллический полимер, получаемый из олефинов методом стереоспецифической полимеризации. По внешнему виду он представляет собой белый порошок, напоминающий полиэтилен низкого давления.

Из всех изделий из полиолефинов изделия из полипропилена обладают наименьшей плотностью (0,9) и наибольшей жесткостью. Молекулярная масса полипропилена составляет 150000, степень кристалличности — 90—95%, поэтому он обладает повышенными механической прочностью и теплостойкостью.

Схема технологического процесса производства нового синтетического материала — пропиленов лишь незначительно отличается от технологического процесса, установленного при получении полиэтилена низкого давления при атмосферном или несколько повышенном давлении (0,2—0,6 мн/м²) с использованием специальных катализаторов.

Для получения высококачественного полимера необхо-

Механические свойства полистирола зависят в определенных пределах от его молекулярного веса — степени полимеризации. Низкомолекулярные продукты очень хрупки и непрочны; с увеличением молекулярного веса прочностные свойства увеличиваются и одновременно уменьшается хрупкость. При достижении определенной величины молекулярного веса (около 10.000) механические свойства полистирола изменяются мало.

По комплексу диэлектрических свойств полистирол относится к наиболее совершенным диэлектрикам, уступая лишь полистилену, и политетрафторэтилену.

В химическом отношении полистирол является одним из наиболее стойких полимеров. Он стоек к воде и водным растворам многих солей; не изменяется под действием концентрированных растворов щелочей и кислот, спирта, скипидара и масел. Исключением является азотная кислота, под действием которой полистирол разрушается. Растворяется он также в стироле, бензоле, дихлорэтаноле, ароматических углеводородах. При высоких температурах происходит деполимеризация, которая ускоряется в присутствии воздуха. Температура, при которой начинается этот процесс, зависит от молекулярного веса полимера. Чем выше молекулярный вес, тем при более низкой температуре начинается деполимеризация. Так, среднемолекулярный полистирол деполимеризуется при 300° , высокомолекулярный — при $250-300^{\circ}$.

Особая ценность полистирола заключается в его высоких диэлектрических свойствах.

Изделия из полистирола не имеют запаха, не обнаруживают хладотекучести даже под нагрузкой и имеют высокий модуль упругости.

Существенными недостатками являются: относительно большая хрупкость и тенденция к растрескиванию в процессе эксплуатации, низкие теплостойкость и морозостойкость, горючесть.

Легкость переработки, высокие диэлектрические и химические свойства, прозрачность и бесцветность обеспечили полистиролу широкое применение в самых разнообразных областях техники. Он легко перерабатывается методами прессования, литья под давлением, экструзии и выдувания, хорошо поддается механической обработке.

Важнейшими отраслями, применяющими полистирол, являются промышленность средств связи и высокочастотная радиотехника. Из него изготавливают радиодетали,

пленки для высокочастотных конденсаторов, изоляции высокочастотных кабелей, а также различные электроизоляционные детали, например основание для конденсаторов, ламповые панели, каркасы катушек. Полистирол находит применение и в химической промышленности. Из него делают лабораторную химическую посуду: воронки, фильтры, стаканы, емкости для хранения фтористоводородной кислоты, прозрачные баки для кислотных аккумуляторов, кислотопроводы, различные детали. Изделия из полистирола находят применение в пищевой и фармацевтической промышленности.

Сополимер стирола с нитрилом акриловой кислоты или с аналогичным мономером используют для изготовления деталей электрооборудования и приборов, обшивки стен, внутреннего оборудования вагонов, ударопрочных средненагруженных деталей общего назначения, корпусов и крышек аккумуляторов, а также крупногабаритных емкостных деталей, изготавливаемых из листов вакуум-формовочным методом (кожухи, раковины, ванны).

Сополимеры полистирола обладают повышенной механической прочностью и теплостойкостью. Из них изготавливают детали насосов для нефтедобычи и водоснабжения, детали санитарных узлов, трубы для воды и масла и др.

Полипропилен

Полипропилен — высокомолекулярный регулярно построенный кристаллический полимер, получаемый из олефинов методом стереоспецифической полимеризации. По внешнему виду он представляет собой белый порошок, напоминающий полиэтилен низкого давления.

Из всех изделий из полиолефинов изделия из полипропилена обладают наименьшей плотностью (0,9) и наибольшей жесткостью. Молекулярная масса полипропилена составляет 150000, степень кристалличности — 90—95%, поэтому он обладает повышенными механической прочностью и теплостойкостью.

Схема технологического процесса производства нового синтетического материала — пропилена лишь незначительно отличается от технологического процесса, установленного при получении полиэтилена низкого давления при атмосферном или несколько повышенном давлении (0,2—0,6 мн/м^2) с использованием специальных катализаторов.

Для получения высококачественного полимера необхо-

метная остаточная деформация, а при давлениях в 200—250 кг/см² материал становится регулярно текучим.

Холоднотянутые изделия перед применением рекомендуется прогревать при температуре, превышающей на 15—20° температуру эксплуатации.

Фторопласт-4 находит широкое применение там, где требуются высокие теплостойкость, химическая стойкость, масло- и бензостойкость и диэлектрические свойства. Из него изготавливают прокладки, сальниковые набивки манжет, электро- и радиотехнические изделия, пластины, диски, кольца, цилиндры, пленку для изоляции, химически стойкие трубы, стаканы, вентили, краны, мембраны, насосы, пористые изделия и т. д.

В последнее время разработаны водные суспензии фторопласта-4 различных марок. В выпускаемых суспензиях содержание фторопласта достигает 50—60% по весу.

Суспензия (белая или желтая) — непрозрачная легкоподвижная жидкость. Вязкость ее зависит от природы полимера и содержания стабилизатора. От содержания стабилизатора зависит также смачивающая способность суспензии. Практикой установлено, что наилучшей смачивающей способностью обладает суспензия, содержащая 8—12% стабилизатора.

Применяют суспензии для нанесения покрытий, изготовления тонких пленок, пропитки пористых изделий и получения композиций с различными наполнителями.

Способы сварки

Процесс сварки термопластических материалов отличается целым рядом особенностей от процессов, протекающих при сварке металлов. Эти особенности связаны, прежде всего, с микро- и макроструктурой пластмасс.

Термопласты не имеют резко выраженной точки плавления и при повышении температуры переходят из твердого состояния в высокоэластичное, затем в пластичное и далее в вязкотекучее состояние. В пластичном и вязкотекучем состояниях материал приобретает липкость, отдельные детали под давлением, обычно весьма небольшим, могут прочно соединиться между собой.

Поэтому процесс сварки термопласта состоит в том, что соединяемые детали и присадочный пруток нагреваются до перехода в вязкотекучее состояние и при сравнительно небольшом давлении соединяются между собой. Следова-

тельно, в отличие от сварки металлов здесь не образуется жидкой ванны.

Термопластные смолы, будучи органическими соединениями, при высоких температурах начинают разлагаться, теряя свои ценные качества — механическую прочность, химическую стойкость и т. п. Степень разложения зависит как от температуры, так и от длительности воздействия этой температуры на материал. Термическое разложение может быть замедлено введением стабилизаторов, однако полностью его устранить не удастся. Оба эти обстоятельства существенным образом влияют на процесс сварки.

При сварке термопластов нагрев материала должен быть возможно более кратковременным, а температура не должна превышать температуры разложения. Однако при очень коротком времени нагрева материал может быть нагрет несколько выше температуры разложения без заметного изменения свойств.

Если сварка идет с использованием присадочного прутка, надо следить, чтобы он прогревался равномерно по всему сечению.

Диаметр присадочного прутка нужно выбирать такой, чтобы прогрев прутка происходил достаточно быстро. Опытным путем установлено, что качественный шов при сварке вручную можно получить при условии, если диаметр прутка не превышает 4 мм.

Сварка происходит в узких температурных пределах: выше температуры размягчения, но ниже температуры разложения пластмасс. Поэтому при любом способе надо стремиться, чтобы в зоне сварки материал не достигал жидкотекучего состояния; обычно сварку производят при вязкотекучем состоянии с приложением небольшого давления.

Легче свариваются термопласты, имеющие более широкий диапазон температуры размягчения.

Большое влияние на качество сварки оказывает соблюдение правильной технологии изготовления пластмасс (чистота исходных материалов, отсутствие перегрева пластмассы при ее отливке и обработке и т. д.).

Пластмассы обладают высоким коэффициентом температурного расширения, который в несколько раз больше, чем у металлов. Поэтому, несмотря на невысокую температуру сварки, в сварном шве возникают внутренние напряжения, снижающие прочность соединений.

Выбор способа сварки зависит от толщины материала, свойств пластмассы, серийности выпуска изделий, типа

конструкции, предъявляемых требований к конструкции и т. д.

К наиболее распространенным методам сварки пластмасс относятся сварка газовыми теплоносителями, контактная, токами высокой частоты, ультразвуком, нагретым инструментом — контактным теплом, за счет тепла трения, электротермическая. Кроме того, применяются различные комбинации этих способов. Классификацию их см. на рис. 1.

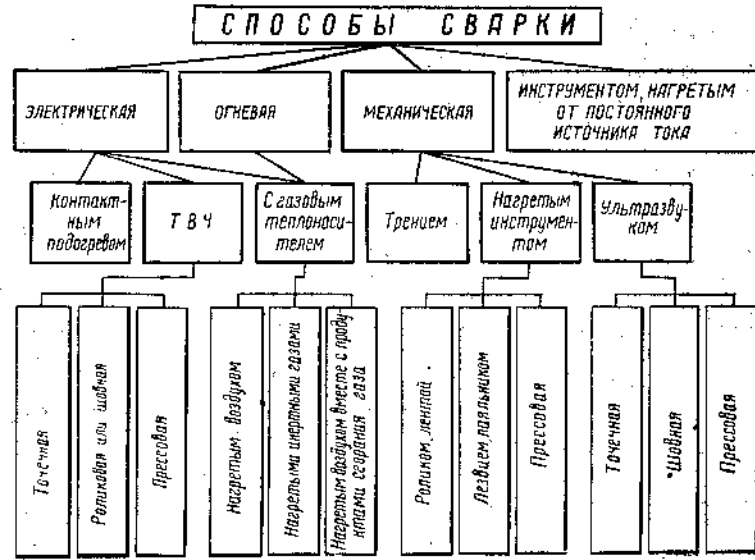


Рис. 1. Классификация способов сварки пластмасс.

Характеристика свариваемости пластмасс современными промышленными способами приведена в таблице 2.

Как видно из данных таблицы, полиэтилен, полипропилен и полистирол, а также покрытые или пропитанные ими материалы токами высокой частоты не свариваются. Это объясняется тем, что указанные пластмассы обладают высокими изоляционными свойствами и исключительно низким коэффициентом диэлектрических потерь. Сварка материалов, пропитанных или покрытых полиэтиленом, полипропиленом или полистиролом, производится при помощи контактного электронагрева и нагретых инструментов.

Характеристика свариваемости пластмасс

Таблица 2

Наименование пластмасс	Методы сварки						Температура сварки в градусах		
	электрическая		огневая		механическая				
	контактным нагревом	токами высокой частоты	нагретым воздухом	нагретыми инертными газами	нагретым воздухом в смеси с продуктами сгорания газа	трением		нагретым инструментом	ультразвуком
Полиэтилен (листы, пленки)	хорошая	—	хорошая	хорошая	удовлетв.	—	хорошая	хорошая	140—180
Полиэтилен (прутки, трубы)	—	хорошая	—	—	—	хорошая	—	—	140—180
Винилпласт (листы, пленки)	—	—	—	—	—	—	—	—	200—240
Винилпласт (трубки, прутки, трубы)	—	—	—	—	—	—	—	—	200—240
Полихлорвиниловый пластик	—	—	—	—	—	—	—	—	180—200
Полиамиды	—	—	—	—	—	—	—	—	160—230
Пленочный поливинил	—	—	—	—	—	—	—	—	140—180
Полиметилметакрилат	—	удовлетв.	—	—	удовлетв.	удовлетв.	—	—	200—220
Полиизобутилен	—	—	хорошая	хорошая	—	хорошая	—	—	190—210
Полистирол	хорошая	—	—	—	—	хорошая	хорошая	—	140—160
Кабельный пластикат	—	удовлетв.	—	—	удовлетв.	—	—	—	190—200
Фторопласт (листы, пленки)	—	—	—	—	—	—	—	—	380—385
Полипропилен (листы, пленки)	—	—	—	—	—	—	—	хорошая	160—165
Первичный и вторичный капрон	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нейлон	—	—	—	—	—	—	хорошая	—	—
Полиэтилентерефталатная пленка	удовлетв.	—	—	—	—	—	—	—	—
Бумага, покрытая с одной стороны полиэтиленом общей толщиной 0,25 мм	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Данные таблицы 2 составлены на основании опыта предприятий, применивших современные методы изготовления сварных конструкций и изделий.

СВАРКА ГАЗОВЫМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ

При сварке пластических масс с применением газовых теплоносителей свариваемые детали и присадочный пруток нагреваются подогретыми газами, в качестве которых используются воздух, азот, аргон, углекислота, или непосредственно продуктами сгорания горючего газа (ацетилен, водорода и т. д.) в воздухе. При сварке азотом или углекислотой процесс идет в защитной инертной среде, что очень важно в тех случаях, когда требуется избежать окисления и деструкции материала.

Сущность процесса сварки сводится к следующему: воздух или инертные газы подогреваются при прохождении через электронагревательные элементы сварочной аппаратуры или пламенем горящего газа до температуры сварки, а затем подаются к месту сварки. Регулирование расхода газа или электроэнергии имеет большое значение для регулирования температуры газовой струи, с помощью которой производится сварка пластмасс. Воздух или инертные газы, подогреты до определенной температуры в специальных устройствах, условно называемых горелками, нагревают пластическую массу в месте сварки до определенной температуры. Одновременно до температуры сварки нагревается и сварочный пруток.

В промышленности применяются два способа сварки пластических масс с газовым теплоносителем. При первом способе сварка производится подогретым воздухом, предварительно очищенным от грязи и пыли, при втором — нагретыми инертными газами (азот, аргон и др.). При сварке с газовыми теплоносителями свариваемый материал не достигает жидкотекучего состояния, сварочная ванна не образуется, и сварка происходит при вязкотекучем состоянии и под давлением. По сравнению с металлами пластические массы малотеплопроводны, поэтому до вязкотекучего состояния нагревается поверхностный слой, что достигается небольшой затратой теплоты в сравнительно короткое время. По этой же причине присадочный пруток должен иметь небольшой диаметр, практически 2—4 мм.

Некоторые пластические массы, например полиамидные, чувствительны к кислороду, который находится в воз-

духе, служащем для подогрева сварных швов. Действие кислорода снижает качество сварки. Поэтому в таких случаях она выполняется подогретыми инертными газами, чаще всего азотом.

Сварка нагретым азотом получила широкое распространение благодаря простоте оборудования, сравнительной несложности технологического процесса, легкости обучения производственного персонала, возможности соединения деталей практически любых размеров и конфигураций. Сварка с газовыми теплоносителями применяется при изготовлении конструкций и изделий из толстолистового материала или при соединении толстостенных деталей, предварительно отлитых на машинах для литья под давлением. На Ростовском механическом заводе № 5 сварка нагретым газом стала незаменимой при проведении ремонтных работ, при футеровке и обкладке аппаратуры пленками и пластинами из термопластов, при монтаже оборудования и конструкций.

Удобство и возможность разнообразного применения сварки горячим газом явились основным фактором быстрого развития производства пластмассовых конструкций в различных отраслях промышленности. Сварка позволяет экономно применять пластмассы в тех случаях, когда необходимо сочетание таких качеств, как высокое сопротивление воздействию коррозии, легкий вес, непроводимость электрического тока и высокая ударная прочность. С помощью газовой сварки можно изготовить как небольшие предметы для использования их в течение непродолжительного времени, так и крупногабаритное оборудование для различных отраслей промышленности.

Аппаратура и оборудование

Сварка термопластов непосредственно в сварочном пламени, достигающем 2000° и выше, невозможна, так как при высокой температуре происходит разложение пластмасс. Чтобы снизить температуру продуктов сгорания, применяют другой газ, нагреваемый за счет теплоты сгорания горючего газа.

В зависимости от способа подогрева газов при сварке газовыми теплоносителями используются специальные горелки: электрические и газовые. В электрических горелках нагрев газов осуществляется электрическими нагревательными элементами, в газовых — газовым пламенем.

Использование теплоты сгорания горючего газа для нагрева газа-теплоносителя в газовых горелках может быть прямым или косвенным.

При косвенном нагреве передача тепла от продуктов сгорания к газу-теплоносителю происходит через стенку, разделяющую газовые потоки; часть тепла в этом случае рассеивается в окружающую среду. При прямом нагреве газ-теплоноситель смешивается с продуктами сгорания горючего газа.

Для выполнения различных видов сварки выпускаются сменные наконечники, имеющие в зависимости от назначения прямую или изогнутую форму. Хотя сварочные аппараты с газовым подогревом более удобны в тех случаях, когда отсутствуют источники сдвигания электроэнергии, в обычных случаях более предпочтительными являются сварочные аппараты с электрическим подогревом газовой струи. Независимо от типа применяемого сварочного аппарата необходимо, чтобы температура струи газа на выходе из наконечника была в пределах $210-380^{\circ}$ и чтобы аппарат обеспечивал подачу от $0,01$ до $0,08 \text{ м}^3$ газа в минуту. Температуру газа на выходе из наконечника можно регулировать путем изменения давления и расхода потока. Обычно давление подаваемого газа колеблется от $0,35$ до $1,05 \text{ ат}$, и максимальный расход потока составляет менее $0,05 \text{ м}^3$ в минуту. Расстояние между наконечником сварочного аппарата и швом должно равняться примерно $3,5-12,5 \text{ мм}$, и в пределах этого расстояния температура снижается приблизительно на 94° .

В газовых сварочных горелках подогрев воздуха или инертных газов производится за счет сгорания горючих газов косвенного или прямого нагрева.

Газовые горелки косвенного нагрева получили довольно широкое распространение несмотря на присущие им недостатки. В этих горелках (рис. 2) горючий газ при открытии крана 2 проходит по трубке 3 и по выходе из нее попадает в смесительное устройство 7. Горючая смесь при выходе из смесительного устройства сгорает, а за счет выделяющегося при этом тепла нагревается змеевик 9, внутри которого проходит газ-теплоноситель, подводимый по трубке 4. Подача газа-теплоносителя регулируется краном 1.

Проходящий внутри змеевика газ-теплоноситель нагревается до температуры $290-300^{\circ}$ и выходит через сменный наконечник 12, закрепляемый на горелке накидной гай-

кой 11. Змеевик заключен в кожух 8, состоящий из внешнего и внутреннего цилиндров, между которыми помещена асбестовая теплоизоляционная прослойка 10.

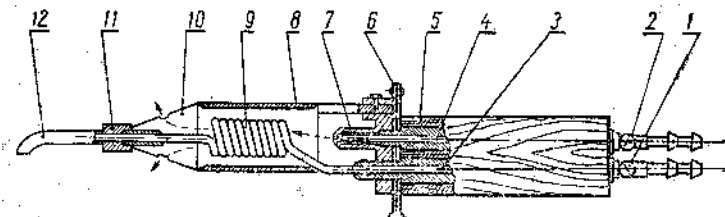


Рис. 2. Газовая горелка косвенного нагрева.

Во время работы горелка нагревается, поэтому для защиты рук сварщика от ожога рукоятка 5, через которую проходят трубки 3 и 4, изготавливается из дерева, а в передней части установлен щиток 6, состоящий из стальной пластинки, к которой прикреплены таких же размеров пластина из фибры. Горелка этого типа может работать с использованием в качестве горючего газа ацетилена, светильного, или природного, газа, а также водорода. Для каждого из газов встраивается соответствующее смесительное устройство, характеризующееся определенными размерами отверстий для подачи горючего газа и подсоса воздуха.

При использовании горючего газа — ацетилена — с рабочим давлением от $0,01$ до $0,15 \text{ кг/см}^2$ диаметр канала горелки на выходе — $1,5-3 \text{ мм}$. Для водорода с рабочим давлением $1,2-1,5 \text{ кг/см}^2$ диаметр канала на выходе — $0,7-0,9 \text{ мм}$. При использовании светильного газа с рабочим давлением $0,01-0,02 \text{ кг/см}^2$ диаметр канала на выходе — $3,5-5 \text{ мм}$.

Если в качестве горючего газа используется водород, смесительного устройства не требуется. В этом случае трубка 3 (рис. 2) заканчивается навинчивающимся на нее соплом с выходным отверстием соответствующего диаметра.

По сравнению с электрическими газовые горелки более производительны, легче по весу и долговечнее. Срок службы газовых горелок при ежедневной семичасовой работе — $1,5-2$ года.

К числу недостатков такой горелки следует отнести то, что в процессе работы кожух ее нагревается примерно до 500° и становится огнеопасным. Другой недостаток горелок косвенного нагрева заключается в том, что при пре-

крашении подачи газа-теплоносителя или очень малой его подаче в змеевике, стенки змеевика быстро прогорают. Кроме того, коэффициент использования тепла в горелке с косвенным нагревом очень низок: он составляет около 40—45%.

Большим недостатком газовых горелок является огне- и взрывоопасность применяемых газов. Это усложняет производство сварки на месте монтажа и в закрытых сосудах.

Для сварки пластмасс с применением прямого нагрева газом-теплоносителем используется газовая горелка ГПП-1-56 (рис. 3) конструкции ВНИИ Автоген.

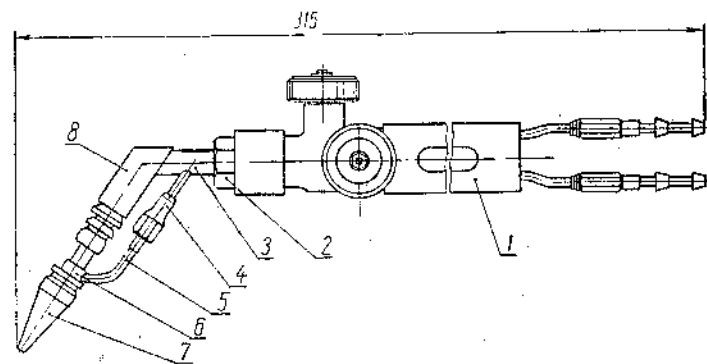


Рис. 3. Газовая горелка ГПП-1-56.

Горелка состоит из ствола 1 от стандартной газосварочной горелки ГСМ-53 и специального накопечника 3, присоединяемого к стволу накидной гайкой 2.

Нагрев свариваемого материала производится струей горячих газов, представляющих смесь продуктов сгорания с воздухом. Комплект сменных инжекторов с различным диаметром отверстия изменяет давление горючего газа от 0,05 до 1,0 кг/см².

Из ствола 1 сжатый воздух по воздушному каналу камеры 3 через штуцер 4 и трубку 5 поступает в корпус 6, откуда по кольцевому зазору и каналам между корпусом и газовым соплом попадает в мундштук 7.

Вместо сжатого воздуха могут быть использованы углекислота, азот и т. п. В этом случае сварка будет производиться в инертной среде, что имеет большое значение при сварке легкоокисляющихся материалов.

Горючий газ поступает из ствола 1 по ацетиленовому каналу камеры 3 в газовую камеру 8, откуда проходит через инжектор в газовое сопло.

За счет значительной скорости проходящего через инжектор газового потока в сопле создается разрежение, и через отверстия, имеющиеся в стенках сопла, происходит подсос воздуха из атмосферы для образования горючей смеси. Продукты сгорания вышедшей из сопла горючей газозоудной смеси смешиваются с подведенным к мундштуку 7 воздухом. В результате воздух нагревается, а продукты сгорания горючего газа охлаждаются до требуемой температуры.

После включения подачи сварочного газа вспыхивает пламя нагревающего горючего газа и регулируется до тех пор, пока высота его внутреннего конуса не составит приблизительно 7—12 мм. После окончания работы сварочной горелкой подача ацетилена, природного газа или другого горючего газа должна быть прекращена, но сварочный газ должен пропускаться через нагретую камеру еще не менее 5 мин.

При сварке винипласта горелкой ГПП-1-56 шов почти не отличается по прочности от основного материала и не уступает по качеству сварным соединениям, получаемым при сварке горелками других конструкций. В качестве горючего газа в горелке используется ацетилен или водород при давлении от 0,05 до 1 кг/см². Возможность работы горелки в столь широком диапазоне давлений обеспечивается применением сменных инжекторов с различными диаметрами отверстия для истечения газа. Инжекторы имеют на торце хвостовой части кернения в виде точек, причем число точек соответствует номеру инжектора.

Инжектор выбирают в зависимости от давления горючего газа. При использовании ацетилена с давлением 0,05—0,1 кг/см² применяют инжектор № 2, при давлении 0,1—1,0 кг/см²—№ 1. При использовании водорода с давлением 0,05—0,1 кг/см² применяют инжектор № 3, при давлении 0,1—0,5 кг/см²—№ 2 и при давлении 0,5—1 кг/см²—№ 1.

Горелка работает при давлении газа-теплоносителя от 0,8 до 4,5 кг/см², но оптимальным давлением является 1,0—2,0 кг/см². Питание горелки сжатым воздухом может осуществляться от магистральной воздушной линии, самостоятельного воздушного компрессора или воздуходувки, а также от баллона со сжатым воздухом.

Производительность процесса сварки, помимо темпера-

туры нагретого газа-теплоносителя, зависит от количества нагретого газа, которое может обеспечить горелка. Горелка ГПП-1-56 дает возможность получать до 2,5—3 м³/час и более нагретого до температуры 270—350° газа при давлении на выходе из горелки не ниже 1 ат. При этом расход ацетилена составляет 30—35 л/час, а водорода — 150—200 л/час. Коэффициент использования тепла в горелке достигает 92 и более процентов при давлении газа-теплоносителя не ниже 1 атм.

Кроме высокой производительности и экономичности, горелка ГПП-1-56 обладает еще рядом преимуществ. Так, в процессе работы при нормальном режиме она не нагревается благодаря тому, что продукты сгорания и нагретый газ-теплоноситель не соприкасаются непосредственно с деталями горелки, а также вследствие того, что горелка охлаждается током холодного газа-теплоносителя. Исключается поэтому возможность получения сварщиком травмы-ожога, а также устраняется опасность порчи свариваемого материала при случайном прикосновении к нему горелкой. Горелка долговечна, так как не имеет быстроизнашивающихся частей. Ее можно использовать не только для сварки, но и для подогрева листов и труб из термопластов при изготовлении отдельных узлов и деталей. При малом весе и небольших размерах горелка обладает большой маневренностью по сравнению с другими конструкциями, применяемыми для аналогичных работ.

Техническая характеристика горелки ГПП-1-56

Давление горючего газа, кг/см²	—0,05—1,0
Расходы горючего газа, л/час:	
ацетилена	2,5—30
водорода	150—200
Давление газа-теплоносителя, кг/см²	0,8—5,0
Расход газа-теплоносителя, м³/час	2—3,5
Температура нагретого газа на расстоянии 5—8 мм от мундштука, град	250—300
Длина горелки, мм	315
Вес горелки (с ниппелями и накидными гайками), г	480

Газ-теплоноситель в электрических горелках нагревается джоулевым теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока через нагревательный элемент. Нагревательный элемент может быть выполнен в виде проволоочной спирали, омываемой потоком газа-теплоносителя, или в виде спирально свернутой трубки (змеевика), к концам которой подводится напряжение, а внутри пропускается газ-теплоноситель.

В горелке с нагревом от электрической спирали (рис. 4) газ-теплоноситель через трубку 5 поступает в многоканальную керамическую трубку 4, заключенную в кожух 3. При движении по каналам газ-теплоноситель омывает спираль из проволоки с большим удельным сопротивлением, уложенную в каналах.

Нагретый газ-теплоноситель попадает в наконечник 2,

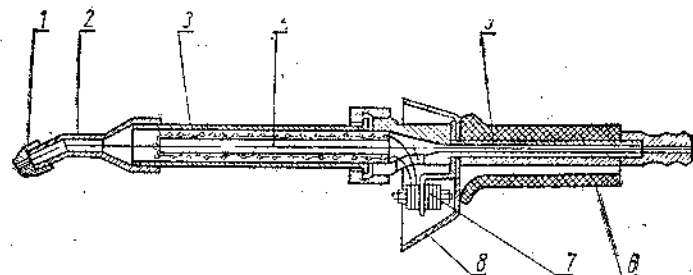


Рис. 4. Электрическая горелка.

оканчивающийся сменным соплом 1. Трубка 5 вмонтирована в рукоятку 6, которая изготавливается из текстолита, дерева или другого тепло- и электроизоляционного материала. В рукоятке имеется канал. В канале проходит электрический шнур, подводящий ток в горелку. Подводящий шнур и концы спирали закрепляются на клеммах 7, которые помещены в щитах 8, заполняемых для тепло- и электроизоляции гипсом.

Сжатый воздух подается в многоканальную керамическую трубку под давлением 1—1,5 ат. В воздушных каналах ее расположены три спирали из нихромовой проволоки с большим удельным сопротивлением, соединенные параллельно.

Электрический ток к спиралям (клеммы 7) подается через реостат по гибкому шнуру, проходящему через отверстие в текстолитовой ручке 6.

Температура воздуха регулируется скоростью подачи его и изменением сопротивления цепи при помощи реостата.

Все модели электрических сварочных аппаратов для сварки пластмасс имеют нагревающий элемент, состоящий из керамического корпуса, на котором или внутри которого имеется провод с высоким электрическим сопротивлением.

Основные параметры, по которым различаются сварочные аппараты, следующие: вес, напряжение электрического

тока, производительность и расположение рукоятки. Сварочные аппараты выпускаются с рукояткой пистолетного типа или круглой формы.

Недостатком большинства горелок является то, что у них сильно нагревается кожух. В горелке, представленной на рис. 5, нагрев кожуха уменьшен. Достигается это тем, что пространство под кожухом, в котором нагревается воздух, разделено на три секции и кожух охлаждается за счет последовательного прохождения воздуха через эти секции.

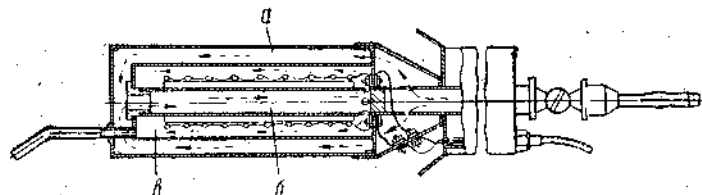


Рис. 5. Секционная электрическая горелка с уменьшенным нагревом кожуха.

Сначала сжатый воздух попадает в паружную секцию *а*, расположенную непосредственно под кожухом, затем проходит через центральный канал *б* и только после этого проходит по среднему кольцевому зазору *в*, омывая расположенную здесь проволочную спираль. Из среднего канала нагретый до рабочей температуры воздух проходит по наконечнику к месту сварки. В горелке с секционным нагревом воздух проходит большой путь при нагреве, это позволяет лучше использовать тепло и уменьшить его потери.

В электрических горелках, в которых накаливаемая спираль непрерывно омывается движущейся со значительной скоростью струей воздуха, происходит интенсивное окисление проволоки кислородом. Сжатый воздух может содержать также некоторое количество масла и влаги. В их присутствии разрушение проволоки идет еще быстрее, и горелка часто выходит из строя вследствие перегорания спиралей.

Образующиеся на спиральях частицы окалины или нагара, если воздух содержит капельки масла, уносятся вместе с током воздуха и в процессе сварки попадают в шов, что в значительной мере снижает его прочность, ведет к образованию микротрещин. Этих недостатков можно избежать, если в качестве нагревательного элемента использо-

вать не проволочную спираль, а трубчатый змеевик, к концам которого подведен электрический ток, а внутри движется нагревательный газ. Горелка такой конструкции показана на рис. 6.

Нагреваемый газ через ниппель *5* по трубке, проходящей через ручку *4* из тепло- и электроизоляционного материала, попадает в змеевик *1*, являющийся продолжением трубки, нагреваемой электрическим током, подводимым с помощью проводников *6* к ее концам. Нагретый газ выходит из змеевика и поступает через наконечник, присоединяемый к патрубку змеевика, к месту сварки. Змеевик имеет кожух *2*, заполненный теплоизолирующим материалом *3* (асбестом). Изготавливается он из трубки 6×1 мм, длиной около 1 м из нержавеющей стали.

Сопротивление такой трубки составляет несколько долей ома, поэтому подводимый к горелке ток должен иметь напряжение 4—5 в. Мощность горелки — около 0,5 квт. При низком напряжении по змеевику текут токи порядка 100—120 а. Это вызывает необходимость применения токоподводящих проводов большого сечения ($12—25 \text{ мм}^2$), что значительно утяжеляет горелку и затрудняет маневрирование ею.

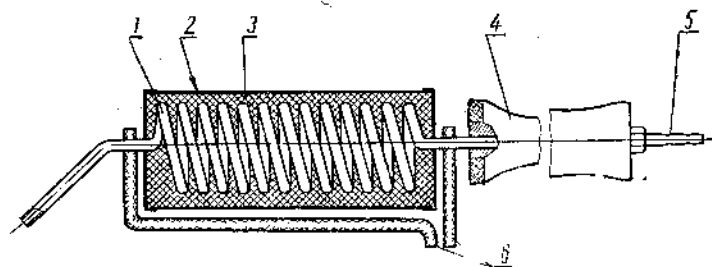


Рис. 6. Электрическая горелка с нагревательным элементом в виде змеевика.

В соответствии с требованиями техники безопасности электрические горелки могут работать при питании их электрическим током напряжением не выше 36 в. Такое напряжение достигается при использовании специальных понижающих трансформаторов.

Электрические горелки имеют коэффициент использования тепла 60%. У горелок с секционным нагревом он несколько выше. У электрических горелок нет открытого пламени, что позволяет вести работы в помещениях, где воз-

дух содержит пары легковоспламеняющихся веществ. Недостаток горелок — наличие нагревательной камеры, которая утяжеляет горелку, увеличивает ее габариты и затрудняет работу в труднодоступных местах.

Широта диапазона регулировки температур нагретого газа у электрических горелок небольшая, поэтому сваривать ими разнородные пластические материалы нельзя.

Оборудование сварочного поста

Для обеспечения работы сварочного поста необходимо иметь газ-теплоноситель и источник энергии для его нагрева.

Сжатый воздух могут подавать заводская магистраль, специально оборудованная компрессорная установка или баллоны.

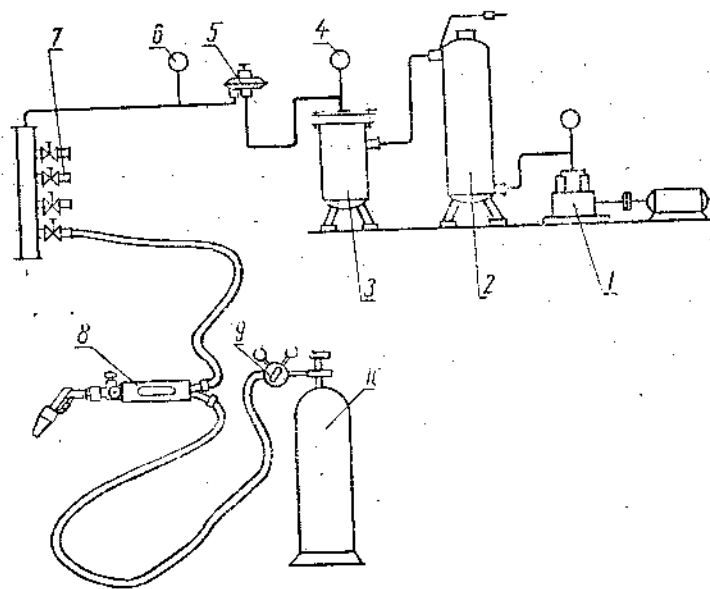


Рис. 7. Схема питания газовой горелки.

На рис. 7 показана схема питания газовой горелки сжатым воздухом от отдельной компрессорной установки и горючим газом от баллона 10.

Производительность компрессора определяется количе-

ством обслуживаемых им сварочных постов из расчета 3—3,5 м³/час воздуха на каждую горелку.

Для работы пригоден любой компрессор, обеспечивающий необходимую производительность при давлении сжатого воздуха в линии 2—2,5 ат с учетом потерь на сопротивление. Для оглаживания пульсаций давления при работе компрессора, а также для охлаждения сжатого воздуха, если он не охлаждается в самом компрессоре, используют ресивер 2.

Выходящий из компрессора воздух увлекает с собой частицы масла, а также пары воды, попадающие из атмосферы. В ресивере, где скорость воздуха резко падает, происходит оседание капель масла и конденсирующейся при охлаждении воздуха воды. Конденсат и масло периодически удаляются продувкой. Окончательная очистка воздуха от масла и воды производится в масловодоотделителе 3. Воздух, выходящий из масловодоотделителя, практически не должен содержать масла и влаги.

Контроль чистоты сжатого воздуха производят следующим образом: на пути воздушного потока при выходе его из линии помещают лист фильтровальной бумаги или кусок хлопчатобумажного материала белого цвета. Если воздух загрязнен маслом или водой, на фильтре или ткани появятся темные пятна.

Если давление воздуха на линии выше необходимого для сварки, то его понижают редуктором 5 до рабочего. Давление в линии после масловодоотделителя и рабочее давление контролируют соответственно манометрами 4 и 6. Сжатый воздух далее поступает в коллектор 7, к которому присоединены горелки.

Горючий газ из баллона 10 проходит через редуктор 9, где давление снижается до рабочего, и поступает в горелку 8.

При работе горелкой ГГП-1-56 питание может производиться также от ацетиленового генератора любого типа, обеспечивающего давление ацетилена на входе в горелку не ниже 500 мм. вод. ст. В частности, могут быть рекомендованы генераторы АСМ-1-58 и МГВ-0,8. Они имеют небольшие габариты и малый вес, очень удобны в эксплуатации. Одной зарядки генератора карбидом хватает для работы 2—3 горелок ГГП-1-56 в течение рабочего дня. В качестве горючего газа может быть также использован природный газ (пропан или бутан).

Схема питания сжатым воздухом электрических горе-

лок не отличается от схемы питания газовых горелок. Для питания электрических горелок ток напряжения его предварительно понижается трансформатором 1 (рис. 8) до 24—36 в для горелки с проволоочной спиралью и 4—5 в для горелки со змеевиком.

Силу тока, проходящую через нагревательный элемент, регулируют с помощью реостата 2. Ключ 3 служит для включения и включения горелки.

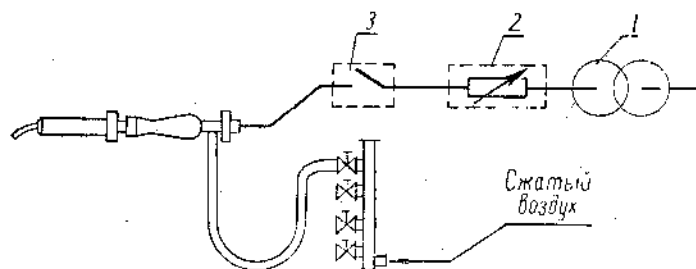


Рис. 8. Схема питания электрической горелки.

Небольшие изделия удобно сваривать на рабочих столах. Для сварки тел вращения — труб, баков и т. д. — целесообразно иметь вращающийся стол. Для подготовки материалов под сварку (разделка кромок, зачистка швов и т. д.) сварочный пост должен иметь набор слесарных инструментов, циркульную пилу, небольшой пресс и др.

Отделение для сварки термопластов необходимо оборудовать вентиляционной системой в соответствии с требованиями техники безопасности. При этом целесообразно иметь как общую вытяжную систему, так и систему местных отсосов с рабочих мест.

Вспомогательные приспособления для сварки

Схема полуавтоматической установки для сварки пластмасс показана на рис. 9. В установке пруток 2 подогревается в электрическом подогревателе 3. Газ-теплоноситель, подаваемый по трубке 1, обогревает кромки основного материала и уже прогретый пруток. Давление ролика 4 обеспечивает соединение присадочного прутка с кромками. Этим полуавтоматом можно осуществлять сварку в любом пространственном положении.

Для сварки крупногабаритных изделий из полиэтилена

применяется машина МСП-2, представляющая собой полуавтомат, который позволяет сваривать внахлестку прямые и криволинейные швы с большим радиусом кривизны. Сварка производится без прокладок. Машина устанавливается на направляющей и движется вдоль стола по свариваемому материалу. Обогрев осуществляется газом-теплоносителем от специальной многосопловой электрической горелки, которая имеет 18 отверстий, расположенных на одной линии.

Разметка и раскрой заготовок под сварку обычно осуществляются с помощью острых ножей, слесарных пил, рапилий, шабровочных инструментов, рубанков и т. д. Разметку труб под различными углами и для различной пригонки можно производить с помощью различных разметочных инструментов. Отрезать сварочные прутки как в начале сварки шва, так и в конце можно кусачками или специальными ножницами, применяемыми для резки листового металла.

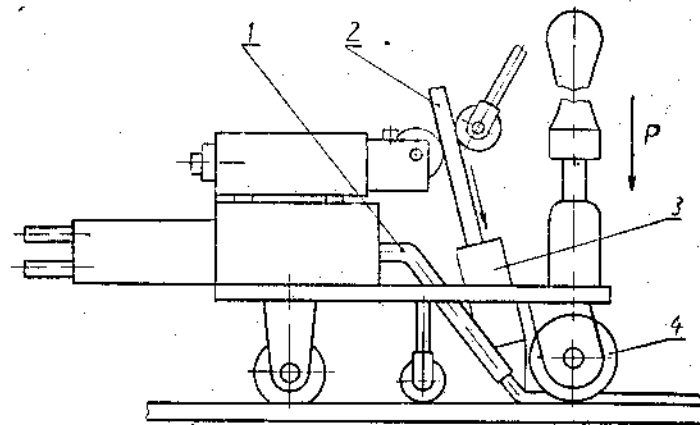


Рис. 9. Полуавтоматическая установка для сварки пластмасс с присадочным прутом.

При выполнении специальных сварочных работ и при сварке каких-либо изделий в большом количестве нужно иметь зажимные приспособления и шаблоны.

Для раскройных работ перед подготовкой пластмассовых деталей к сварке необходимы верстаки. Изготавливаются они из алюминиевых или стальных угловых секций с верхами, обшитыми досками. Различные ручные инструменты и электрооборудование для удобства закрепляются на

находящихся сверху рейках и устанавливаются на блоках.

Для регулирования температуры газовой струи в сварочных аппаратах, нагреваемых электрическим током, применяются различные трансформаторы. Давление газа регулируется на основании показаний обычного манометра. Кроме того, для измерения расхода сварочного газа удобно применять ротаметр, рассчитанный на мощность линии от 0,25 до 4,5 м³/час, а для быстрой проверки температуры свариваемого газа — небольшой термометр.

Сварка нагретым газом

В промышленности сварка с газовыми теплоносителями применяется при изготовлении и ремонте конструкций и изделий, производимых из листового винипласта, винипластовых труб, прутков, полиметилметакрилата, полиамидов, полихлорвинилового пластика, полиэтилена, полиизобутилена.

Технология и режим сварки для каждого материала различны.

Винипласты не имеют определенной точки плавления. При температуре свыше 80° они размягчаются, при 130° приобретают твердость кожи, а затем начинают течь. Сварка винипласта основана на его способности переходить в вязкотекучее состояние при температуре 200—220°, когда он приобретает способность склеиваться при небольшом давлении. Нагревание винипласта должно быть местным и кратковременным и находиться ниже той критической точки, при которой начинается разложение материала. Химическая стойкость винипласта после сварки почти не изменяется.

Сварка винипластовых конструкций и изделий чаще всего выполняется с присадочным материалом (прутковая сварка) и значительно реже без него (беспрутковая сварка).

В качестве присадочного материала служат специальные прутки, производимые также из винипласта с добавлением пластификатора. Как при сварке с присадочным материалом, так и без него нагрев материала может осуществляться нагретым воздухом, токами высокой частоты или же теплом, выделяющимся при трении свариваемых поверхностей. Прутки не расплавляются, как это бывает при сварке стали, а только размягчаются и сцепляются с ос-

новным материалом и ранее уложенным присадочным материалом.

Прочность и плотность сварного соединения зависят от его вида и профиля, угла раскрытия и величины зазора между свариваемыми деталями. Поэтому вид соединения и разделку кромок сварного шва выбирают в зависимости от назначения изделия, особенностей его конструкции, удобства сварки и ее экономичности.

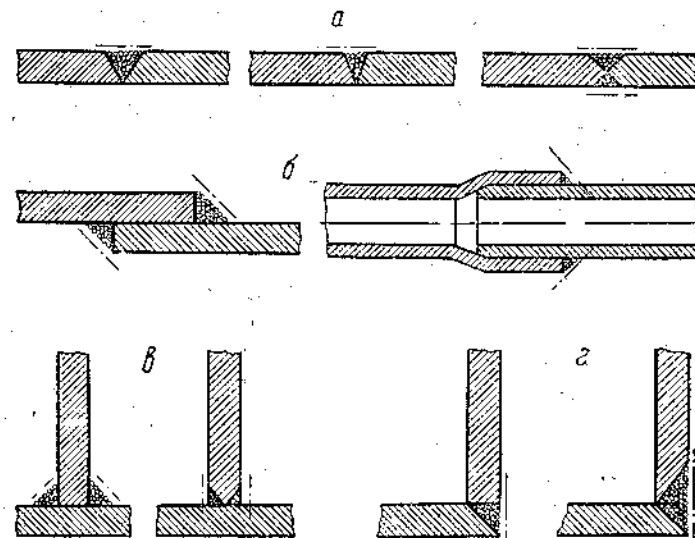


Рис. 10. Типы сварных соединений.

Сварные соединения, применяемые при изготовлении аппаратуры и изделий из винипласта, можно разделить на четыре основные группы: а — в стык, б — внахлестку, в — впритык, г — угловое (рис. 10).

Для сварки в стык применяются Х-образная и У-образная разделка кромок. Шов в стык обладает наивысшей механической прочностью и наилучшей плотностью. Прочность стыкового шва зависит от угла раскрытия. До определенного предела (90°) прочность шва прямо пропорциональна величине угла раскрытия шва. Это объясняется лучшей проваркой корня шва и наличием при большом угле раскрытия большей площади для приварки сварочных прутков. Однако увеличение числа уложенных в шов сварочных прутков снижает скорость сварки.

На практике обычно применяют угол раскрытия 55—60° для листов толщиной менее 5 мм и 70—90° для листов толщиной более 5 мм. Для всех типов сварных швов скосы кромок при сварке деталей толщиной до 6 мм и одностороннем скосе делаются без притупления. Сварной шов при такой подготовке поверхности деталей под сварку получается незаметным, а сварная конструкция или изделие имеют одинаковую толщину во всех сечениях. Шов с двухсторонней разделкой прочнее шва с односторонней разделкой вследствие более равномерного распределения тепловых напряжений при сварке. Кроме того, Х-образное соединение требует для выполнения почти в два раза меньше сварочных прутков при одинаковом угле раскрытия, чем У-образное. Шов в стык нашел широкое применение для сварки винипластовой аппаратуры, к которой предъявляются высокие эксплуатационные требования: герметичность, работа под давлением или вакуумом и т. д. Шов внахлестку выполняют с односторонней или двухсторонней приваркой. Он, по сравнению со швом в стык, обладает гораздо меньшей механической прочностью. Это объясняется тем, что шов внахлестку нагружается изгибающим моментом, возникающим в результате того, что свариваемые листы не лежат в одной плоскости.

С увеличением толщины листов увеличивается и изгибающий момент. Кроме того, при сварке внахлестку шов нагружается дополнительными усилиями, возникающими вследствие теплового расширения и усадки винипласта. Наконец, при сварке внахлестку у одного из листов шов накладывается не на торцовую поверхность, а на боковую, при этом сварочный пруток приваривается не ко всем пленкам, образующим винипластовый лист, а к одной лишь наружной. Из-за сильного нагрева этой пленки прочность ее соединения с остальными нарушается и шов оказывается ослабленным.

При одной и той же толщине листов шов внахлестку обладает почти в шесть раз меньшей механической прочностью, чем шов в стык. Поэтому такой вид соединения допускается лишь в отдельных случаях, например при трубном соединении труб на клею. В этом случае, однако, назначение шва заключается главным образом в создании дополнительной плотности клеевого соединения.

Соединение впритык выполняется однорядным или двухрядным швом. Для усиления механической прочности шва на одном из листов снимают фаски с одной или двух

сторон. При соединении впритык свариваемые листы винипласта должны плотно прилегать один к другому. Их применяют для соединения перегородок, диафрагм, полок, устанавливаемых внутри баков, направляющих реек на плоскостях и т. д.

Угловое соединение, так же как и У-образное, выполняется со снятием фаски на одном или обоих свариваемых листах. Угловые швы применяют при сварке ванн, приварке днищ и крышек к корпусам аппаратов, при приварке фланцев к трубам.

Для лучшей проварки стыковых и угловых швов пользуются сваркой с зазором. Этот способ состоит в следующем. Листы, подлежащие сварке, устанавливают так, чтобы между ними оставался зазор в 0,5—1,5 мм. Начиная с корня шва, сварочный пруток укладывают в зазор так, чтобы он приваривался к кромкам обоих листов и чтобы около половины поперечного сечения сварочного прутка выступало с противоположной стороны шва. Обычно для проварки корня при выполнении шва с зазором применяют сварочный пруток меньшего диаметра (1—2,5 мм), чем при сварке остальной части шва.

Чтобы точно выдержать зазор, между листами предварительно прокладывают металлическую пластинку соответствующей толщины. После закрепления листов и удаления пластинки проваривают корень шва.

Иногда проварку корня производят следующим образом. Свариваемые листы со снятыми фасками соединяют в стык без зазора. По линии приварки корневого прутка шаблоном специального профиля (под острым углом или с радиусом) устанавливают зазор и затем производят сварку листов.

Подготовка и разделка кромок перед сваркой. Правильная подготовка поверхности шва значительно повышает его прочность. Поверхности свариваемого материала и сварочных прутков должны быть чистыми, ровными и обезжиренными. Снятие фасок на листах толщиной более 5 мм для У-образной и Х-образной разделок швов производят специальной фрезой, которую устанавливают на гибком валу, а на листах толщиной менее 5 мм — вручную. При разделке кромок применяют специальное ограничительное приспособление, позволяющее срезать кромки под постоянным углом. Чтобы материал не выкрашивался, кромка режущего инструмента должна выступать над плоскостью касания его на 0,8—1,0 мм. Снимать фаски нужно

в два-три приема, в зависимости от толщины листа. Листы надежно укрепляют при помощи зажимов, струици и тисков.

Сечение сварочного прутка. Сварочные прутки из винипласта выпускаются диаметром 2, 3 и 4 мм. Диаметр прутка подбирают в зависимости от толщины свариваемых листов, формы сварного шва, разделки кромок и требуемой прочности. Качество шва в значительной степени зависит от сечения прутка. Более высокая прочность сцепления между присадочным и основным материалом достигается при круглом сечении прутка. Шов, сваренный из меньшего количества прутков большего диаметра, обладает большей прочностью, чем такой же шов из большего количества тонких прутков. Чем больше диаметр сварочного прутка, тем выше будет скорость сварки, быстрее произойдет заполнение шва. Практика показывает, что наилучшие результаты при сварке дает прутки диаметром 3,5 мм. При сварке прутком диаметром более 3,5 мм прочность сварного шва снижается. Это объясняется тем, что более толстый прутки за время сварки не успевает прогреться на всю толщину, вследствие чего появляются напряжения в самом прутке. При повторном нагревании сварного шва в процессе эксплуатации происходит усадка непрогретой части прутка, и между рядами прутков, уложенных при сварке, образуются трещины.

При укладке прутка необходимо следить за тем, чтобы скорость разогрева свариваемых поверхностей прутка и материала была равномерной и достаточной для размягчения присадочного материала на необходимую глубину. Если скорость прогресса неравномерна, то прочность сцепления будет недостаточной или же произойдет пережог прутка. Наиболее качественный шов получается при применении прутков с гладкой поверхностью. Прутки не должны иметь пузырей и узловатостей и ломаться при двух-трехкратном изгибе. При выполнении сварного шва с корневым проваром сварку корня производят прутком диаметром 2—2,5 мм.

Выбор диаметра отверстия сопла наконечника горелки. При работе горелкой ГП-1-56, не имеющей сменных наконечников, регулировку диаметра струи газа-теплоносителя производят путем перемещения мундштука относительно газового сопла. При работе газовой горелкой косвенного нагрева или электрической горелкой выбор сменного наконечника для сварки зависит от толщины свариваемых ли-

стов, диаметра сварочного прутка, вида сварного соединения и экономичности режима работы горелки.

Наконечники с отверстием малого диаметра (1,5—2 мм), пропускающие небольшое количество горячего воздуха за единицу времени без изменения его температуры, применяются для сварки листов незначительной толщины (3—5 мм). Увеличение диаметра отверстия наконечника влечет за собой увеличение мощности теплового потока, поэтому для сварки листов толщиной 16—20 мм применяют наконечники с отверстием диаметром 3,5—4,0 мм.

Многолетний опыт заводов Северо-Кавказского совнархоза позволяет сделать вывод: диаметр наконечника горелки должен быть равен диаметру сварочного прутка. Если диаметр отверстия меньше или больше диаметра прутка, трудно достигнуть достаточно равномерного прогрева прутка.

Скорость разогрева сварочного прутка и кромок листа зависит от профиля сварного шва. Например, при выполнении швов с У-образной и Х-образной разделками тепловые потери при сварке бывают меньшими, чем при поверхностных швах угловых и внахлестку. Нередки случаи, когда сварщик, не желая тратить время на смену наконечника, сваривает листы небольшой толщины горелкой, снабженной наконечником с отверстием большого диаметра, удаляя наконечник от поверхности свариваемого материала больше, чем обычно. Хотя это не приводит к ухудшению качества шва, но расход газа-теплоносителя на единицу длины шва резко увеличивается. Поэтому при переходе на массовую сварку винипластовых листов меньших толщин смена наконечника обязательна.

После подготовки поверхности свариваемых деталей, подбора оптимальных диаметров сварочного прутка и наконечника горелок приступают к сварке. Листовой материал должен быть надежно прикреплен, при этом между скошенными кромками необходимо оставить зазор в 0,4 мм, который образует канавку для присадочного материала. Применять металлические подкладки под лист не рекомендуется, так как в процессе сварки они отводят тепло от основания шва, что ухудшает качество сварного соединения.

Качество сварного шва зависит от правильного выбора параметров режима сварки: скорости укладки прутка, угла наклона его при подаче в шов, величины усилия при вдавливании размягченного прутка, расстояния от на-

нечника горелки до свариваемой поверхности, положения и направления горелки при сварке.

Чтобы избежать перегрева материала, необходимо осуществлять только размягчение кромок и прутка. Последовательно укладываемые прутки заполняют разделку шва. О нагреве кромок и прутков до пластического состояния свидетельствует появление блеска на их поверхности.

Практика показала, что средняя скорость укладки сварочного прутка диаметром 3 мм при сварке электрической горелкой составляет 12—15 м/час. При более низкой скорости время нагрева увеличивается, вследствие чего может произойти перегрев сварочного прутка и материала.

При скорости укладки прутка более 12—15 м/час сварочный пруток и материал не успевают нагреться до температуры сварки, в результате резко снижается прочность сварного соединения.

Сварщик должен подавать пруток под углом 90° к поверхности шва. Подача под углом больше 90° нежелательна. В этом случае пруток вытягивается, и при охлаждении в нем возникают усадочные напряжения, нередко приводящие к разрыву прутка. При наклоне прутка вперед под углом меньше 90° разогрев его происходит быстрее, чем разогрев основного материала, и на более длинном участке. В результате сварки не произойдет.

Угол наклона наконечника горелки к поверхности сварного шва выбирается в зависимости от толщины материала: при толщине листа до 5 мм он равен 20—25°, а для сварки листов толщиной 10—20 мм—30—45°. Расстояние между наконечником и поверхностью сварного шва должно находиться в пределах 5—8 мм. Изменение этого расстояния вызывает колебания температуры нагрева материала и сварочного прутка.

Для получения в начале шва хорошего соединения прутка с основным материалом прутки нагревают и приваривают так, чтобы его конец выступал за срез шва на 3—5 мм. При сварке необходимо стремиться к равномерному нагреву сварочного прутка и основного материала. Это достигается быстрым изменением направления струи воздуха за счет колебательных движений горелки. Кроме того, во избежание одностороннего нагрева краев шва наконечник горелки следует передвигать в направлении шва. Рука сварщика с прутком должна находиться на расстоянии 70—80 мм от свариваемой поверхности.

Усилие при давлении прутка должно быть по возмож-

ности постоянным. Величина давления, оказываемого на пруток, зависит от его диаметра и примерно составляет 1,0—1,6 кг для прутка диаметром 2—3 мм и 2,2—3,0 кг — для прутка диаметром 4—5 мм. Необходимо учесть, что даже при нормальном усилии, оказываемом на сварочный пруток при его укладке в шов, пруток вытягивается, особенно при отклонении назад.

Нормальное удлинение прутка при правильном режиме сварки составляет 12—15% от первоначальной длины. Чтобы равномерно распределить возникающие напряжения, прутки при сварке укладывают между приваренными рядами в продольном направлении. Укладывать прутки попеременно по отношению к ранее приваренным нельзя, так как это ведет к разрыву нижних рядов присадочных прутков. После приварки одного ряда прутки срезают укрепленным на наконечнике горелки ножом таким образом, чтобы его конец выступал за край шва на 3—5 мм. Нежелательно применять сварочные прутки различных диаметров, за исключением случаев приварки корня шва. При обрыве прутка на оставшемся в шве конце делают косой срез и наваривают новый пруток, край которого срезан таким же образом.

Слабым местом в сварном соединении является корень шва. Поэтому при выполнении особо ответственных швов производится подварка корня шва, что значительно улучшает качество сварного соединения.

После окончания сварки изделие оставляют на воздухе для медленного охлаждения. Быстрое искусственное охлаждение шва, особенно при сварке листов толщиной более 10 мм, может привести к его растрескиванию из-за неравномерной усадки основного материала и присадочного прутка. После охлаждения и зачистки сварные швы проверяют на плотность.

Ниже приводятся показатели прочности сварных швов при различных видах нагрузки по сравнению с прочностью основного материала (в %):

Шов внахлестку при растяжении	65
Шов валиковый при растяжении	65
Шов в стык:	
при срезе	65
при растяжении	75
при сжатии	85
при изгибе	65
Ударная вязкость	10

Нередко швы, имеющие удовлетворительный внешний вид, обладают прочностью, которая вдвое меньше указанной.

Существенным недостатком сварки в струе горячего воздуха является низкая производительность. Например, для выполнения 1 пог. м сварного шва с У-образной разделкой при сварке винипластовых листов толщиной 18—20 мм необходимо уложить 30—35 прутков диаметром 3 мм. Следовательно, продолжительность сварки 1 пог. м составит около 2 часов.

Прутковая сварка винипласта характеризуется низкой ударной вязкостью наплавленного и основного материала на границе сварного шва. Ударная вязкость сварного шва равна в среднем 10 кг/см^2 , то есть в 12 раз меньше ударной вязкости основного материала. Кроме того, винипласт чувствителен к концентрации напряжений. Так, при наварке прутка на целую трубу ударная вязкость материала в месте приварки уменьшается почти в 10 раз.

Для увеличения скорости сварки часто применяют высокую (до 300°) температуру подогретого газа. Однако в этом случае необходимо строго сохранять заданные параметры режима сварки, иначе произойдет разложение материала, что вызовет резкое снижение его прочностных свойств. Слишком высокая скорость сварки не обеспечивает достаточной прочности сварных соединений.

Чтобы сократить время, необходимое для подогрева присадочного материала, применяется дополнительный подогрев в специальном патроне. Это позволяет использовать большие диаметры прутков, уменьшить количество слоев при сварке больших толщин и повысить производительность сварки.

Недостатки пруткового способа сварки требуют применения новых усовершенствованных, более производительных методов.

Первым шагом в этом направлении является применение сварочного прутка специального профиля, представляющего собой как бы два обычных прутка, соединенных между собой. Поперечное сечение их имеет вид восьмерки. Производительность сварки при применении двойного прутка возрастает почти в два раза.

Другим способом, резко увеличивающим производительность сварки и повышающим механическую прочность сварного шва, является метод беспрутковой сварки.

Беспрутковая сварка листов из твердых термопластов

основана на свойстве термопластичных материалов пресовываться в нагретом состоянии при определенном давлении. Беспрутковая сварка позволяет значительно повысить производительность и улучшить механические свойства сварных соединений. Так, например, если предварительно срезанные под углом кромки винипластового листа разогреть до $180\text{--}200^\circ$, а затем сложить листы по кромкам и сжать их в месте соединения, то они сварятся между собой.

По этому принципу трестом Монтэжхимучилища разработан станок беспрутковой сварки листового винипласта и плексигласа, на котором можно сваривать листы из твердых термопластов толщиной 3—12 мм без применения присадочного материала.

Кромки листов перед сваркой срезают под углом 20° . Листы нагревают с помощью установленной на станке электрической горелки мощностью 2,8 кВт, производительностью $28 \text{ м}^3/\text{час}$ воздуха, с температурой $250\text{--}300^\circ$. Рабочее напряжение тока — 70 в. Конструкция горелки обеспечивает равномерный нагрев свариваемых листов до температуры $60\text{--}70^\circ$ на ширину 300—400 мм от кромки, что необходимо для обеспечения требуемой прочности сварного соединения. Горелку устанавливают на станке в таком положении, что воздушная струя попадает в створ угла, образуемого свариваемыми листами, и направляется на срезанные кромки листов. Нагретые кромки сдавливаются валиками и свариваются. Для обеспечения равномерности прилегания по всей плоскости листа валики обкладывают слоем мягкой резины толщиной 4,5 мм.

В зависимости от толщины листов скорость сварки составляет $12\text{--}20 \text{ м/час}$.

Плексиглас сваривают струей нагретого воздуха при $200\text{--}220^\circ$. Время нагрева плексигласа до температуры сварки более продолжительно, чем у винипласта, поэтому скорость сварки почти в 2 раза ниже. В качестве присадочного материала используют нарезанные из листа прутки с поперечным сечением $7\text{--}12 \text{ мм}^2$. Можно также применять винипластовые прутки, которые хорошо сцепляются с поверхностью изделия.

Для лучшего сцепления присадочного материала с основным свариваемым поверхностям рекомендуется предварительно протирать растворителем (ацетоном или дихлорэтаном). Прочность при растяжении сварных соединений из плексигласа составляет в среднем 30—45% от прочности основного материала.

Сварка полиамидов. Как указывалось, полиамиды имеют четко выраженную по сравнению с другими термопластами точку плавления. Введение пластификатора расширяет температурные пределы, в которых проявляются пластические свойства полиамидов. Поэтому пластифицированные полиамиды свариваются лучше, чем непластифицированные. Из-за легкой окисляемости полиамидов сварку их лучше вести с применением в качестве газа-теплоносителя азота. В процессе сварки нельзя перегревать материалы, так как может возникнуть термическая деструкция. Поэтому температура газа-теплоносителя должна быть не более чем на 30—50° выше температуры плавления свариваемого материала.

Сварка мягких термопластов. Термопласты этой группы отличаются мягкостью, гибкостью, эластичностью. Они обладают меньшей прочностью, чем твердые термопласты, и применяются главным образом для обкладки (футеровки) различных аппаратов и изделий.

Особенности физико-механических свойств, а также целевое назначение и применение мягких пластиков обусловили своеобразие технологических приемов, применяемых при их сварке.

Полихлорвиниловый пластикат сваривают при температуре 180—200°. При сварке с присадочным материалом на пластинах предварительно срезают кромки, которые образуют У-образную разделку. Для образования У-образного шва на свариваемых пластинах пластиката хорошо оправдал себя горячий способ снятия кромок. Кромки свариваемых листов соединяют в стык и сжимают, затем между ними проводят нагретым до 350° паяльником с заостренными краями. При этом обе стороны наконечника срезают полоски каждого листа, в результате чего образуется У-образное углубление.

В качестве присадочного материала применяют полоски пластиката, имеющие треугольное сечение. Ими заполняют шов, равномерно разогревая поверхности сцепления и одновременно прикатывая шов гладким прижимом — роликом. Необходимо строго следить за тем, чтобы не перегреть боковые грани присадочного материала. Сварку пластиката с применением присадочного материала обычно производят одновременно двое рабочих, один из которых прогревает свариваемые поверхности основного и присадочного материала, а другой прикатывает присадочный материал прижимным роликом.

Шов внахлестку применяют при обклейке пластикатом металлической аппаратуры с целью защиты ее от воздействия агрессивных сред. В этом случае листы наклеивают на металл и соединяют в стык, а затем на линию соединения наваривают полоску из пластиката шириной 10—12 мм также с помощью горелки и прижимного ролика.

Листовой полиэтилен сваривают внахлестку нагретым газом при температуре 200°. Для этого верхний лист немного приподнимают и в зазор между свариваемыми поверхностями равномерно подают струю нагретого газа, под действием которого обогреваемые участки размягчаются. Затем листы в месте размягчения плотно прижимают друг к другу с помощью ролика.

При использовании в качестве газа-теплоносителя воздуха прочность полиэтиленового сварного соединения очень низка и составляет 10 кг/см², или около 15% от прочности основного материала, что обусловлено окислением полиэтилена в месте сварки кислородом воздуха. Поэтому полиэтилен рекомендуется сваривать сжатым азотом при температуре 200—220°. Расстояние наконечника горелки от свариваемой поверхности должно составлять 6—7 мм. Скорость сварки полиэтилена почти в 5 раз ниже, чем полихлорвинилового пластиката. Это объясняется в первую очередь меньшей скоростью размягчения полиэтилена при нагревании. Листы толщиной более 3 мм можно сваривать, применяя присадочный материал — сварочные прутки, изготовленные из полиэтилена. Оптимальное сечение прутков для сварки полиэтиленовых пластин толщиной от 3 до 10 мм равно 10—12 мм² (диаметра 3,5—4 мм). При необходимости использования прутков меньшего сечения применяется приспособление, которое представляет собой металлическую трубку длиной 200—220 мм и диаметром 6—7 мм. Один конец этой трубки изогнут. К нему припаяна ось, на которой установлен ролик диаметром 15—20 мм, имеющий насечку. Полиэтиленовые листы сваривают с помощью этого приспособления следующим образом. В начале шва прихватывают выступающий из трубки конец прутка одновременно, разогревая отдельными небольшими участками прутков и свариваемые листы, передвигают равномерно трубку, вдавливая при этом прутком роликом. Чтобы пруток не продавливался сквозь сварной шов, сварку следует производить на твердой подкладке. Перед сваркой кромки свариваемых листов срезают под углом 60—70° (У-образная разделка). Прочность таких сварных швов на

разрыв достигает 80—90% от прочности основного материала.

Полиизобутилен сваривают с помощью нагретого газа, чаще всего воздуха, или нагревательных элементов. Сварка токами высокой частоты не применима, вследствие электропроводности материала, в состав которого входят графит и сажа.

Наиболее широкое применение полиизобутилен получил в технике как обкладочный материал для защиты аппаратуры от воздействия агрессивных сред: металлической, деревянной, бетонной. Полиизобутиленовые листы при обкладке приклеивают к защищаемой поверхности с помощью специальных клеев (термопреновый и др.).

Одним из важных видов применения сварки полиизобутилена является ремонт резиновых обкладок (гуммировки) химических аппаратов путем наварки заплат.

Сварка чистого полиизобутилена крайне затруднительна. Это объясняется весьма низкой теплопроводностью материала: прежде чем он достигнет необходимой пластичности, происходит поверхностный перегрев его. При введении же таких наполнителей, как графит и сажа, теплопроводность материала за счет их высокой теплопроводности и увеличения поверхности нагрева самого полиизобутилена резко увеличивается. Происходит это благодаря тому, что при смешении с наполнителями полиизобутилен обволакивает тонкой пленкой частицы наполнителя. При отсутствии наполнителя поверхность нагрева равна по своей величине свариваемой поверхности.

Полиизобутилен сваривают так же, как и полиэтилен, т. е. с разогревом свариваемых поверхностей и одновременной прикаткой роликом. Признаком правильного режима сварки является «закипание» материала при поднесении наконечника горелки. При сварке полиизобутилена материал нагревается до достижения им необходимой пластичности и кромка верхнего листа равномерно раскатывается по плоскости нижнего листа. Поэтому шов, получаемый при сварке полиизобутиленовых листов, несколько отличается от швов внахлестку, выполняемых при сварке пластика или полиэтилена.

Ширина шва внахлестку равна 15—25 мм, причем он может быть выполнен со скосом кромок и без него. В последнем случае для усиления шва иногда применяют накладную пластинку.

При сварке полиизобутилена швом внахлестку макси-

мальная плотность и прочность соединения достигаются при раскатке верхнего слоя до плоскости нижнего.

Важную роль в получении качественного сварного шва имеет подготовка свариваемых поверхностей, которая в основном заключается в тщательной их очистке и обезжиривании растворителем. При этом следует избегать обильного смачивания материала, так как растворитель может проникнуть в глубь листа, а затем при сварке способствовать образованию внутренних пузырей.

Полиизобутилен можно сваривать с применением клея (№№ 8 и 88). Клей предварительно наносят на кромки тонким слоем и 2—3 часа выдерживают их для набухания поверхности. При сварке предварительно намазанных клеем кромок происходит проникновение клея в глубь материала. Поэтому шов с применением клеев более прочен, а сварка более производительна. Существенным недостатком этого метода является более низкая химическая стойкость сварного шва по сравнению с основным материалом.

Скорость сварки нагретым воздухом вручную сварочной горелкой составляет примерно 10—12 м/час. Максимальная прочность шва достигается через 24 часа после начала сварки. Пока шов еще горяч, его можно легко разорвать при растяжении. О прочности соединения можно судить по виду поверхности в месте разрыва горячего шва.

Хорошее сцепление достигается тогда, когда поверхность соединенных частей при разрыве горячего шва оказывается шероховатой.

Как показывает опыт предприятий, основные области применения сварки в производстве сварных конструкций и изделий находятся в прямой зависимости от технических характеристик применяемых пластических масс.

Сварка газовыми теплоносителями позволяет использовать замечательные свойства пластмасс: прочность, кислотостойкость, долговечность, морозостойкость, меньшую сопротивляемость прохождению жидкостей, исключительную универсальность и др.

Ниже приводится неполный перечень сварных изделий и конструкций, изготавливаемых из пластмасс.

Полиэтилен (пленка, трубы, прутки): упаковочная тара для шариковых и роликовых подшипников, точных приборов и инструментов, различные трубопроводы, упаковочная тара для фармацевтических препаратов и технической документации (мешки для транспортировки живой рыбы, кровля для теплиц и оранжерей, экраны теплиц, крупно-

размерные конструкции для застилания сплошных ям, туковысевающие аппараты, опрыскиватели, баки к аммиачным подкормкам, газонепроницаемые конструкции в технике и быту, облицовка для прудов и водоемов, тетраэдрические пакеты для консервированного молока, консервированных фруктовых соков и другая тара для упаковки и хранения пищевых продуктов и др.

Нейлон: роторы для перекачки агрессивных жидкостей и другие конструкции, работающие в агрессивных средах.

Полипропилен: трубопроводы для транспортировки горячей воды и различных жидкостей, конструкции и изделия с малой газо- и паронепроницаемостью и высокими механическими свойствами.

Винипласт (лист, пленка, трубы, прутки): конструкции и изделия, работающие в химических агрессивных средах (кислотах, щелочах, растворах различных солей и т. д.), — бачки, ванны, ведра, лейки, воронки, мерники, трубопроводы, различная аппаратура, футеровка сосудов, резервуаров, травильных и электролизных ванн, упаковочная тара, футеровка стальных труб, облицовка лестничных маршей, конструкции для гидроизоляции сооружений, сантехническая арматура, вентиляционные системы.

Фторопласт-4: конструкции и изделия, в которых требуются высокая электроизоляционная, тепловая и химическая стойкость.

Полиметилметакрилат: детали металлообрабатывающих станков, автомобилей, трубопроводы, изделия с декоративной отделкой, крупногабаритные конструкции различных технических назначений, различные сосуды, смотровые окна трубопроводов, прозрачные модели, товары широкого потребления.

Полиамидная пленка (трубы и прутки): конструкции для остекления парников, оранжерей и теплиц, упаковочная водонепроницаемая тара, обкладка изоляции цельнометаллических железнодорожных вагонов, бытовых холодильников, стен зданий, герметические непроницаемые обложки для хранения документов, различные трубопроводы, детали опрыскивателей ядохимикатами, тара для упаковки фармацевтических препаратов.

Поливинилхлоридная пленка: замкнутые системы для хранения и переливания крови, кровли для теплиц и оранжерей, киноэкраны панорамного кинематографа, настилы полов, обложки книг, папки для хранения документов, не-

промокаемые плащи, футляры, различные товары широкого потребления.

Упаковочная пленка В-118: упаковочная тара всевозможных машин и их деталей.

Кабельный пластик: обкладка травильных и электролизных ванн и их ремонт.

Полистирол: изделия для электротехнических целей, культурно-бытового назначения и др.

Полиизобутилен: обкладка бункеров, корыт, контейнеров, железнодорожных цистерн, кислотохранилищ, прокладочные конструкции кислотоупорных полов, фундаментов, различная водонепроницаемая изоляция.

Ткани, пропитанные пластмассами (поливинилхлоридом, полиамидами, полиметилметакрилатом, этилцеллюлозой и др.): кровли железнодорожных вагонов, различные изделия в технике и быту.

Целлофан, покрытый тонким слоем пластмассы: упаковочная тара для химико-фармацевтической промышленности.

Бумага, покрытая тонким слоем полиэтилена: тара для молочной продукции.

Полихлорвиниловый линолеум: настилы полов и настилы стен помещений.

Порошкообразный полиметилметакрилат, порошкообразный полиэтилен и фторопласты применяют для нанесения на поверхность металлических деталей, пластмассовых покрытий, методом горячего напыления и окунанием.

Опыт показывает, что применение пластмасс в виде сварных изделий и конструкций может быть значительно расширено.

КОНТАКТНАЯ СВАРКА ПЛАСТМАСС

Сущность способа сварки пластических масс контактным нагревом заключается в том, что соединение деталей в местах сварки осуществляется путем нагрева свариваемых поверхностей специальными инструментами и последующим давлением. Свариваемые детали укладываются на рабочий стол, нагреваются в местах сварки специальным инструментом и соединяются под давлением.

При сварке контактным нагревом, т. е. непосредственным нагревом и сжатием материала в местах сварки, пластические массы нагреваются только для размягчения, а

затем при охлаждении и снятии необходимого сварочного давления образуют прочные сварные швы.

Контактным называется такой метод, при котором свариваемые детали и узлы в месте сварного шва нагреваются за счет тепла, подводимого специальным инструментом или нагревателями сварочных машин. Этот способ по сравнению с другими наиболее универсален и возможен почти для всех до сих пор известных термопластов.

При данном виде сварки обеспечивается получение сварных швов, практически почти всегда выше прочности основного материала.

Контактным нагревом хорошо свариваются такие пластические массы, которые не могут быть сварены токами высокой частоты: полиэтилен, полиизобутилен, полистирол, полипропилен, фторопласт-4, а также материалы, пропитанные или покрытые этими пластмассами. Это объясняется тем, что указанные пластмассы обладают высокими изоляционными свойствами и исключительно низким коэффициентом диэлектрических потерь. Поэтому сварка при контактном нагреве позволяет значительно расширить области применения сварки в производстве самых разнообразных конструкций и изделий.

Широко применяют контактную сварку на заводах Ростсельмаш, НЭВЗ, Новочеркасском электродном и других заводах Ростовской области. Так, например, на Таганрогском судостроительном заводе пользуются контактной сваркой при облицовке кают теплоходов, а на НЭВЗе—кабин электровозов.

С помощью специальных инструментов на конструкции и изделия наносятся всевозможные рисунки, производится приварка букв, цифр и т. д. С помощью сварки при контактном нагреве производится изготовление труб из листового полиэтилена, приварка фланцев к полиэтиленовым трубам, стыковая сварка труб различных профилей (тавры и др.), а также приварка полок и ребер к листам и плитам.

Секции (отрезки) труб для вентиляционных и других устройств большого сечения, которые нельзя получить на шнековых машинах, можно получить путем продольной стыковой сварки из листов полиэтилена. Максимальное сечение и длина таких секций будут определяться размерами имеющегося листового материала.

Контактная сварка выполняется двумя способами: контактными нагревом соединяемых поверхностей деталей при

помощи нагревателя и, контактными нагревом наружных поверхностей свариваемых деталей. При втором способе может применяться как односторонний, так и двухсторонний нагрев поверхностей.

Первый способ используют для сварки пластмассовых труб, стержней, для приварки арматуры к трубопроводам, для сварки тавров, двутавров и других фасонных пластмассовых конструкций.

Вторым способом сваривают изделия из пленок и тонких листов.

Простейшими приспособлениями для контактной сварки по первому способу обычно служат плита, нагреваемая при помощи встроенного в нее электрообогревателя, различные горелки, термощкафы.

Торцы деталей нагревают до температуры сварки на глубину 3 мм, а затем плотно прижимают друг к другу. Иногда между торцами помещают пластину, нагреваемую предварительно или вмонтированным электронагревателем. После нагрева пластину убирают и детали плотно прижимают друг к другу.

В мелкосерийном производстве на некоторых заводах совнархоза изделия из пленок и тонколистовых пластмасс с короткими сварными швами сваривают на прессовых устройствах с нагревательными губками. Для сварки пластмассовых пленок и тонких листов применяют также приспособления типа электроутюга и роликовые нагреватели.

При больших объемах сварочных работ используются сварочные машины, в том числе полуавтоматические и автоматические. На этих сварочных машинах обычно производится непрерывная сварка. Для контактной сварки пластмасс наиболее широкое применение получили машины двух типов: гусеничного и шовного. В установках гусеничного типа свариваемые пленки проходят между двумя движущимися с одинаковой скоростью бесконечными лентами. Качественный сварной шов получается за счет большой контактной площади нагрева. Тепло и давление передаются через ленту от роликовых или плоских нагревателей. Охлаждается лента за счет контакта с приводными валиками либо при помощи специального устройства. Машины типа гусеничных используются также и для сварки крупногабаритных изделий и конструкций, например чехлов машин.

В машинах шовного типа нагрев свариваемых деталей

производится двумя роликами, в которых обычно размещены электронагреватели. Сварка осуществляется двухсторонним нагревом поверхностей деталей. Один из роликов ведущий.

Правильно сваренный шов должен быть гладким и иметь слегка блестящую поверхность. Чрезмерное изменение цвета свидетельствует о перегреве пластмассы. Сварной шов, имеющий одинаковый цвет с материалом свариваемых деталей, в котором заметен на глаз непровар, свидетельствует о недостаточной выдержке или недостаточном нагреве инструментов и роликов сварочной машины.

Контактная сварка характеризуется большой точностью нагрева и возможностью точно поддерживать необходимую температуру сварки в зоне шва. Поэтому ее широко используют для сварки фторопласта-4, отличающегося высокой температурой плавления и отсутствием вязкотекучего состояния. При сварке этой пластмассы применяют длительные выдержки в узком интервале температур — 360—380°. Даже для пленки малой толщины нагрев рекомендуется производить двухсторонним подводом тепла. Сварку таких пленок обычно производят в приспособлениях, снабженных электроподогревом. Продолжительность сварки пленок толщиной 0,1 мм при температуре 380° составляет 20—30 сек.

Для сваривания пластмассы большей толщины применяется винтовая зажим деталей. Нагрев осуществляется в термостатах, куда помещают все приспособление, либо встроенным электронагревателем. Начальное сжатие должно быть незначительным, нужное давление создается вследствие того, что у фторопласта коэффициент линейного расширения намного больше, чем у металла. При работе встроенным нагревателем необходимо обеспечивать одинаковую температуру вдоль всего шва, для чего можно применять контактные алюминиевые пластины высокой теплопроводности. Свариваемые поверхности должны быть хорошо подогнаны одна к другой. В шве обеспечивается давление порядка 2,5—3,5 кг/см².

При сварке изделий значительной толщины рекомендуется использовать специальные флюсы. Их получают, смешивая 65 частей фторорганического масла с 35 частями тонкодисперсного порошка полимера. Состав наносят на соединяемые поверхности при 65—70°, так как при комнатной температуре масло очень вязкое.

Флюс заполняет все неровности и обеспечивает повы-

шенную прочность сварного шва. Можно заменять флюс тонкой пленкой из неспеченного фторопласта, которую кладут между свариваемыми поверхностями.

Аппаратура и оборудование

Для сварки пластических масс контактным нагревом применяются инструменты, которые нагреваются от какого-либо источника тепла и затем передают это тепло сварным швам. Такие инструменты изготавливают обычно из нержавеющей стали и тщательно полируют.

Чем тщательнее будет произведена обработка рабочей поверхности инструментов, тем качественнее будет сварка. Нагрев инструментов должен производиться не коптящим пламенем, так как грязь и копоть могут попасть в сварной шов и ухудшить его качество.

Для контактного нагрева в промышленности широко применяются электронагревательные приборы, конструктивно представляющие собой электроутюги, рабочая поверхность которых очень узка и соответствует форме сварного шва. Такие электроутюги специально изготавливаются для сварки и иногда снабжаются терморегуляторами, за счет чего обеспечивается регулирование температуры сварки. Ими можно сваривать различные пластические массы.

Длина рабочей части инструмента определяется длиной сварных швов изделий и составляет обычно 100—250 мм.

Для сварки пленок различной толщины из пластических масс в крупногабаритные конструкции и изделия разработан и изготовлен специальный автоматизированный сварочный аппарат. Это самоходная тележка, питаемая током от троллеров и движущаяся по рельсам вдоль стола, на котором уложена свариваемая пленка. Сварка пленки производится сварочным роликом, нагреваемым до нужной температуры проволочными нагревательными элементами, размещенными внутри корпуса ролика. Сварочный ролик закреплен в головке аппарата, нависающей над столом. На тележке, кроме ролика, установлена вся электроаппаратура управления.

Регулирование температуры нагрева ролика автоматическое. При понижении или повышении температуры сверх допустимых пределов ролик автоматически поднимается, и одновременно прекращается движение тележки.

Скорость движения тележки может меняться плавно от 1,5 до 10 м/мин, температура нагрева ролика — от 150 до

300° мощность нагревателя — от 0,11 до 0,44 квт. Мощность электродвигателя-преобразователя, питающего электродвигатель привода тележки, — 0,6 квт.

Аппаратом можно сваривать изделия большой длины и ширины. Большая скорость сварки обеспечивает выпуск сварных конструкций и изделий с высокой производительностью.

Для полуавтоматической сварки крупногабаритных изделий из полиэтиленовой пленки толщиной 25—100 мм разработана машина МСП-1. Ею варят прямолинейные нахлесточные швы. Сварка производится через прокладку из целлофана или фторопласта. На машине установлены четыре сварочных ролика, закрепленных попарно и нагреваемых электрической спиралью из нихромовой проволоки. На роликах вращается лента, которая, нагреваясь, передает тепло через целлофан или фторопласт свариваемой полиэтиленовой пленке. Постоянный температурный режим поддерживается автоматически. Машина устанавливается на подвесные направляющие.

Техническая характеристика машины МСП-1

Способ сварки	контактный с односторонним нагревом материала в зоне сварки
Процесс сварки	непрерывный
Ширина сварного шва, мм	5
Температура нагрева ленты, град.	до 300
Скорость сварки, м/мин.	до 12
Рабочий ход сварочной головки, мм	± 50
Привод механизма давления	грузовой, рычажный
Максимальное контактное давление, кг/см ²	до 6
Напряжение в сети, в	220
Общая мощность электродвигателей, квт	2,3
Габаритные размеры машины, мм	752×1050×1100
Вес машины, кг	115

Для полуавтоматической сварки изделий из фторопластовых пленок толщиной до 500 мк разработана машина МСП-4. Она позволяет сваривать прямолинейные и криволинейные нахлесточные швы с большим радиусом кривизны. Сварка производится при непосредственном контакте пленки с лентами, которые получают тепло от нагревательных элементов. Подача материала осуществляется этими же лентами, расположенными снизу и сверху.

Техническая характеристика машины МСП-4

Способ сварки	контактный с двухсторонним нагревом материала в зоне сварки
Процесс сварки	непрерывный
Ширина сварного шва, мм	5
Температура нагрева лент, град.	до 500
Максимальное контактное давление, кг/см ²	3
Охлаждение шва	водяное
Скорость сварки, м/мин	0,08—0,9
Напряжение в сети, в	120
Габаритные размеры машины, мм	1500×1000×1250
Вес машины, кг	200

Для сварки деталей из фторопласта-4 научно-исследовательский институт пластических масс разработал приспособление (рис. 11), представляющее собой обогреваемые электричеством клещи со сменными пресс-формами 3 и 4, имеющими пазы, соответствующие размерам деталей.

Кромки деталей перед сваркой срезают «на ус», образуя шов толщиной, равной толщине материала, из которо-

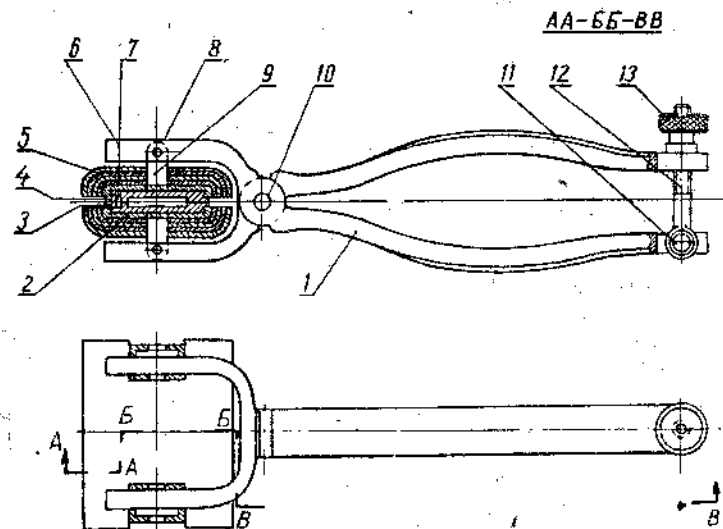


Рис. 11. Приспособление для контактной сварки деталей из фторопласта:

1—клещи, 2—обойма, 3—нижняя пресс-форма, 4—верхняя пресс-форма 5—обогреватель, 6—губки клещей, 7—8—10—11—штифты, 9—проушины, 12—болт, 13—гайка.

го изготавливаются сварные изделия и конструкции. Затем концы деталей устанавливают в приспособление с таким расчетом, чтобы шов находился посередине пресс-форм. После установки деталей рукоятки клещей слегка сжимаются. Чтобы клещи не раскрывались и сохранилось необходимое обжатие деталей во время сварки, их запирают при помощи откидного болта 12 и гайки 13. При этом откидной болт заворачивается гайкой только слегка. Надо иметь в виду, что сильно зажимать концы клещей не следует, так как необходимо компенсировать расширение фторопласта за счет упругой деформации рукояток.

Для контроля температуры во время сварки через отверстие в верхней пресс-форме устанавливают термометр.

Нагрев деталей производят с помощью электрического обогревателя 5, питаемого обычно от трансформатора ЛАТР-1. Обогреватель рассчитывается так, чтобы его температура повысилась до 400—410°. В этом случае детали в месте шва нагреваются до 385—390°. Эта температура выдерживается 3—5 мин. Затем обогреватель выключают. Участок сварки охлаждают до температуры 200—250°, после чего клещи размыкают и вынимают сваренные детали. Для того чтобы сваренные детали быстрее снизили температуру, их охлаждают водой. Все работы по сварке фторопласта-4 производятся с применением вытяжной вентиляции.

Детали из фторопласта-4 можно также сваривать контактным нагревом в термошкафах. Для этого обычно изготавливаются зажимные приспособления, в которые закрепляются концы свариваемых деталей.

Сварочной лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института по строительству магистральных трубопроводов ВНИИСТ для контактной сварки полихлорвиниловой пленки, пластифицированной каучуком, изготовлены специальные сварочные клещи. Состоят они из медных хромированных сварочных губок, в которых расположены нагревательные электроспираль. Через термо- и электроизоляционные прокладки сварочные губки крепятся одной рукой. Полезный вылет сварочных губок от оси клещей — 90 мм. Электрический ток к клещам подводится через автотрансформатор. Потребляемая мощность — 350—400 вт.

Клещи очень удобны при сварке рантовых соединений. За один цикл сварки получается шов длиной 180—200 мм и шириной 4—6 мм. При работе применяются следующие режимы сварки: температура сварки — 140—150°, удельное

давление — 7—8 кг/см², время выдержки — 7—10 сек. Скорость сварки в значительной степени определяется толщиной свариваемого пакета пленки.

Для сварки деталей внахлестку при помощи клещей применяется специальный прием сварки, по которому сварка фактически производится с одной стороны. Схема такого способа сварки приведена на рис. 12. Нагрев свариваемых деталей 3 в местах сварки осуществляется при помощи нагревательных губок 1, через прокладки 2 и 4.

Длинные тонкие листы или пленки полиэтилена свариваются на роликовой машине с применением присадочного прутка из полиэтилена (см. рис. 13). Его в жидком состоянии наносят на свариваемые пленки. Количество передаваемого расплавленным прутком тепла достаточно для нагрева верхнего слоя пленок и обеспечения нужной температуры между нижней стороной верхней пленки и верхней стороной нижней пленки, т. е. в месте сварки. Гранулированный материал из бункера 1 поступает в вертикальный шнек 6, обогреваемый снаружи нагревателем 7. Экструдированный через мундштук нагретый пруток попадает между слоями свариваемых пленок 9 и 13, сматываемых с рулонов 10 и 14, и расплющивается двумя роликами 11. За счет тепла, отдаваемого прутком, внутренние поверхности пленок оплавляются, образуя прочный непрерывный шов. Сваренная пленка наматывается на рулон.

Особенно хорошо по этому способу получают прямые линейные швы на пленках из пластмассы, на материалах с покрытием из пластмасс и на многослойных изделиях.

Описанная машина высокопроизводительна. Тонкие и средней толщины пленки можно сваривать на ней при скорости свыше 135 м/мин. При меньшей скорости (около 35 м/мин) шов получается толще и шире, но в обоих случаях, при малой и высокой скорости, сварные швы безупречны.

Если на такой роликовой машине установить мундштук с целым рядом отверстий для выдавливания сварочных

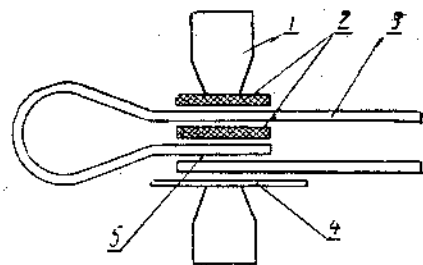


Рис. 12. Схема контактной сварки клещами:

1 — нагревательные губки, 2 — прокладки, 3 — свариваемая пленка, 4 — прокладка из фторопластовой пленки, 5 — сварной шов.

прутков, то можно получать несколько швов одновременно.

На этой машине можно сваривать не только полиэтилен, но и другие термопласты. Исключение составляют целлофан и трифторхлорэтилен.

Принцип контактного нагрева пластмасс применен для формирования рельефного рисунка на термопластических пленках (типа полиэтилен, поливинилхлорид и др.), а также для нанесения пленок на воздухопроницаемые материалы путем их расплавления на вакуумированной поверхности. Для этой цели ВНИИПИК разработал барабанную вакуумную машину БВМ-1 непрерывного действия, рассчитанную для работы с рулоном.

Техническая характеристика барабанной вакуумной машины БВМ-1	
Ширина готового материала, мм	400
Диаметр рабочего барабана, мм	420
Линейная скорость барабана, м/мин	0,5, 0,74, 1,0, 1,25
Минимальный вакуум в рабочем барабане, мм рт. ст.	40
Потребляемая мощность, кет.	7,2
в том числе:	
приводом	1
на обогрев	4,5
вентилятором	1,7
Габаритные размеры машины, мм	1500×1130×1520
Вес машины, кг	820

Основным рабочим органом является вращающийся вакуумный барабан. Обечайка барабана представляет собой перфорированную трубу, обтянутую сеткой.

При формировании на пленке рельефного рисунка барабан обтягивается воздухопроницаемым эталоном. Пленка с раскатывающего устройства, обогнувправляющий ролик, направляется на рабочий барабан, где под действием тепла нагревателя, расположенного над барабаном, и вакуума происходит тиснение рисунка. Степень нагрева пленки регулируется при помощи подъема или опускания нагревателя над эталоном. Материал, пройдя зону обогрева и зону воздушного охлаждения, при помощи отрывного ролика снимается с эталона и поступает на охлаждающий валик, после чего сматывается в рулон. На машине установлено дополнительное раскаточное устройство.

Вакуум в рабочем барабане поддерживается вентилятором промышленного пылесоса ПП-4. Все электрическое оборудование расположено в специальном шкафу, на пульте которого размещены кнопки управления.

Полиэтиленовые и поливинилхлоридные пленки с нанесенными на них рисунками применяются для производства различных изделий радиотехнической, электрической и других отраслей промышленности. Из них изготавливаются также многие предметы культурно-бытового назначения.

Для сварки готовых пакетов и особенно для сварки защитных оболочек из пленки очень больших размеров, например для упаковки целых машин или автомобилей, используется переносная сварочная аппаратура.

Аппаратура простейшего вида состоит из сварочных клещей, которые удерживаются в открытом состоянии пружиной и сжимаются при сварке оператором. В этом случае обе части клещей имеют обогрев к температурным регулятором или без него.

Для термопластических пленок и бумаги, покрытой полиэтиленом, все шире применяется термоимпульсная сварка, являющаяся разновидностью контактной сварки разогретыми инструментами, при которой вместо массивных нагревательных приборов большой теплоемкости используются тонкие металлические ленты. Шов нагревается короткими импульсами, почему этот метод и назван термоимпульсным.

Свариваемые детали укладываются на неподвижный рабочий огол пресса, покрытый теплоизолирующим слоем, и прижимаются к нему в месте шва прижимом. Импульсы

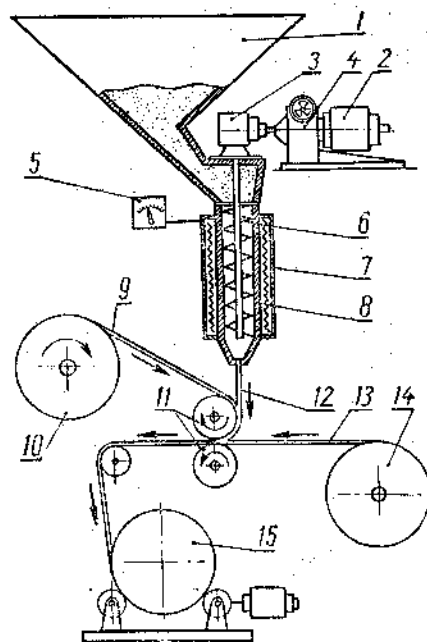


Рис. 13. Сварочная машина для сварки тонких листов или пленки расплавленным прутом:

1—бункер с гранулированным материалом, 2—электродвигатель коробки передач, 3—коробка передач, 4—регулятор скорости, 5—регулятор напряжения, 6—шнековый транспортер, 7—нагревающий элемент, 8—барабан, 9, 13—пленка, 10, 14—рулон с пленкой, 11—сдавливающие ролики, 12—экструдированный расплавленный пруток, 15—вал для намотки сваренной пленки в рулон.

тока нагревают металлические ленты. В зависимости от материала и толщины пленки продолжительность импульса составляет $0,1 \pm 1,0$ сек. Ток к нагревательному элементу подается от агрегата, трансформатор которого оборудован часовым механизмом и выключателем. При импульсном нагреве температура шва соединяемых деталей доводится до температуры сварки и быстро охлаждается прижимом, рассчитанным на создание необходимого сварочного давления. Оборудование для термоимпульсной сварки оснащается водяным или воздушным охлаждением. Охлажденный прижим не прилипает к пленке.

Нагрев при термоимпульсной сварке может быть как односторонним, так и двухсторонним. Двухсторонний нагрев позволяет сваривать более толстые пленки (толщиной свыше $0,15$ мм). Обычно время, затрачиваемое на сварку, не превышает одной секунды.

При импульсно-контактной сварке электроды-паяльники получают кратковременные, но мощные импульсы тока, обеспечивающие сваривание пленок пластика. В паузах между импульсами шов остывает под давлением.

Установки импульсно-контактной сварки целесообразны при сварке тонких пленок ($< 0,1$ мм) из любых термопластических материалов и в особенности полиэтиленовых и полистирольных пленок, для которых высокочастотная сварка непригодна.

Схема установки для импульсно-контактной сварки представлена на рис. 14. Свариваемые пленки размещают между двумя составными электродами. Нижний электрод закреплен на неподвижном столе сварочного пресса, верхний связан с механизмом вертикального возвратно-поступательного движения. Каждый электрод состоит из оправки 1, изолятор-наконечник 2, электрода (нагревателя) 3, трансформатора 4, свариваемые пленки 5, обкладка 6, накладки 7, токоподводы нижнего электрода, 8 — токоподводы верхнего электрода.

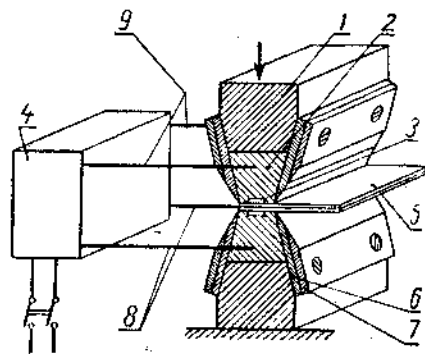


Рис. 14. Аппарат для контактно-импульсной сварки:

1 — оправка, 2 — изолятор-наконечник, 3 — электрод (нагреватель), 4 — трансформатор, 5 — свариваемые пленки, 6 — обкладка, 7 — накладки, 8 — токоподводы нижнего электрода, 9 — токоподводы верхнего электрода

ка 2, металлической шины — электрода 3, фторопластовой обкладки 6 и изоляционных накладок 7, прикрепленных к оправке 1 винтами. Установка обслуживается понижающим трансформатором 4, ток напряжением $12-36$ в подается импульсами на электроды 3 через токопроводы 8 и 9. Периодичность и длительность импульсов регулируют приборами на щите управления. В зависимости от толщины свариваемого пакета длительность импульса составляет $0,1-1$ сек, число импульсов доходит до 60 в 1 мин. при удельной мощности порядка 300 вт/см².

Пресс монтируется на столе. При автоматической шаговой подаче материала производительность установки может быть доведена до $1,5$ м/мин.

Для роликовой ленточной сварки изделий из полиэтиленовой пленки толщиной $0,05-0,12$ мм применяется машина типа МШРП-1. Ширина герметичного шва — $5-6$ мм. Скорость сварки — $1-20$ м/мин, усилие на роликах — $0,5-20$ кг, потребляемая мощность — 500 вт. Передача необходимых сварочных давлений осуществляется в этой сварочной машине при помощи ручной регулировки через верхний ролик. Полезный вылет сварочных роликов — 300 мм (расстояние от станины до оси ролика). Для регулирования нагрева свариваемых деталей и скорости сварки имеются специальные устройства.

ВНИИЭСО разработал новый способ сварки пленок из термопластов. Торцы пленки в этом случае нагреваются до сварочной температуры от ленточного нагревателя, по которому протекает импульс тока определенной величины и длительности.

Отличительной особенностью нового способа термоимпульсной сварки является то, что при нем соединение свариваемых деталей производится по торцам деталей, вместо широко принятого нахлестного соединения.

Схема образования торцового шва в тепловом поле ленточного трансформатора приведена на рис. 15.

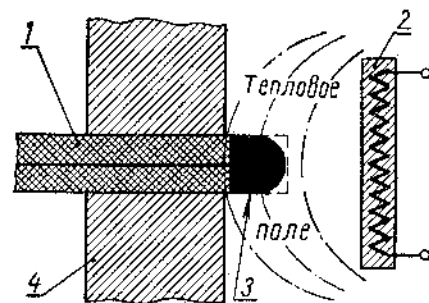


Рис. 15. Схема образования торцового шва в тепловом поле ленточного нагревателя:

1 — свариваемая пленка, 2 — ленточный нагреватель, 3 — торцовый шов, 4 — верхний и нижний прижимы.

Сварка происходит одновременно по всей длине торца зажатых деталей 1 одиночным типовым импульсом, возникающим при кратковременном пропускании тока через ленточный нагреватель 2. Возникающее тепловое поле вызывает равномерное оплавление торцов деталей. Образующийся сварной шов 3 имеет вид гладкого узкого рубца одинакового сечения по всей длине.

Пленка между прижимами 4 зажимается с небольшим усилием в неразогретом месте. Прижимы лишь удерживают ее при сварке, предохраняют от деформации и отводят тепло.

Образующийся шов вполне герметичен, имеет хороший внешний вид и повышенную прочность. Преимуществом торцового сварного шва перед нахлестным являются также его небольшая ширина и малый расход материала (10—15% от расхода на шов при сварке внахлестку).

Сочетание импульсного способа подвода тепла и торцового типа шва дает возможность производить сварку пленок из различных термопластичных материалов независимо от их электрических свойств и однородности.

Торцовая термоимпульсная сварка более экономична, чем сварка с непрерывным подводом тепла. Она не вызывает излишнего нагрева пленки и частей сварочной установки, а следовательно, не требует искусственного охлаждения. Оборудование для торцовой термоимпульсной сварки не сложно и просто в эксплуатации.

Технология сварки

Все пластические массы плохо проводят тепло, и проблема сварки пленок, в особенности листов, по существу сводится к проблеме передачи тепла от нагретых сварочных приспособлений через наружную поверхность материала непосредственно к месту сварки. С уменьшением толщины пленки проникание тепла значительно облегчается, поэтому сварка тонких пленок вызывает меньше трудностей, чем сварка толстых листов.

Кроме того, термопласты под влиянием тепла деформируются, что вызывает необходимость создавать прижимные устройства. Но пленки прилипают к нагретым металлическим поверхностям сварочного агрегата, и съём готового изделия после окончания сварки вызывает затруднения. Один из способов устранения такого прилипания материала к сварочным клещам заключается в нанесении на них

тонкой пленки жира, который должен быть устойчив в условиях попеременного нагрева и охлаждения. Прилипание пленки можно устранить применением тонкой прокладки из политетрафторэтилена между клещами и свариваемой пленкой. Разделителем может служить также полоска стеклянной ткани, покрытой эмульсией политетрафторэтилена.

В зависимости от габаритных размеров изделий применяются различные способы сварки и различное сварочное оборудование.

Опыт показывает, что лучшим способом соединения, например полиметилметакрилатного органического стекла, является контактная сварка. Обычно соединения листов в крупногабаритные узлы выполняются нахлестными швами. Такие конструкции сварных швов имеют ряд преимуществ, к числу которых относится обеспечение толщины сварного шва, равной толщине материала, из которого изготовляются крупногабаритные узлы, а также высокие прочностные показатели. Вместе с тем сварные швы несколько снижают оптические качества и затрудняют подготовку кромок листов под сварку. Чтобы устранить указанные недостатки, разработан новый способ сварки полиметилметакрилатных листов, при котором соединение отдельных листов в крупногабаритные узлы производится стыковыми сварными швами.

Технологический процесс в этом случае организован следующим образом.

Вначале производится подготовка кромок листов под сварку, для чего они обрабатываются на фрезерных станках. Подготовленные листы укладываются в приспособление. Нагрев кромок производится электронагревателем, расположенным между теплоизоляционными прокладками и стальными пластинами. Температуру поднимают постепенно в течение 10—15 мин.

После того как кромки нагреты до температуры 180—190°, через пневмоприжим подается требуемое давление, направленное вдоль заготовки. Для контроля температуры сварки в отверстия электронагревателей устанавливаются термомпары.

Наилучший режим стыковой сварки полиметилметакрилатных листов следующий: температура сварки—180—190°, давление при сварке—30—35 кг/см².

На рис. 16 приведена схема технологического процесса при изготовлении сварных труб из полиэтилена. Весь

процесс можно разделить на следующие операции:

1. Листы полиэтилена требуемой толщины укладываются в нагретый до $140\text{--}145^\circ$ термостат, где они прогреваются в течение $10\text{--}25$ мин до такой степени размягчения, которая позволяет легко придать листу нужную форму.

2. Размягченный лист укладывается на цилиндрический шаблон, примерно соответствующий размерам трубы, где ему придается форма трубы.

3. Отформованная и остывшая заготовка трубы укладывается на специальную оправку. При этом между свариваемыми краями заготовок оставляется зазор для введения в него нагретой до $280\text{--}300^\circ$ металлической линейки (сварочный инструмент), соответствующий по длине свариваемой заготовке.

4. Линейка опускается в направляющих до упора, а заготовка прижимами сжимается до плотного соприкосновения свариваемых кромок с нагретой металлической линейкой. Прогрев кромок продолжается до размягчения их (расплавления) на глубину $2\text{--}3$ мм с небольшим выплыванием размягченного материала в стороны.

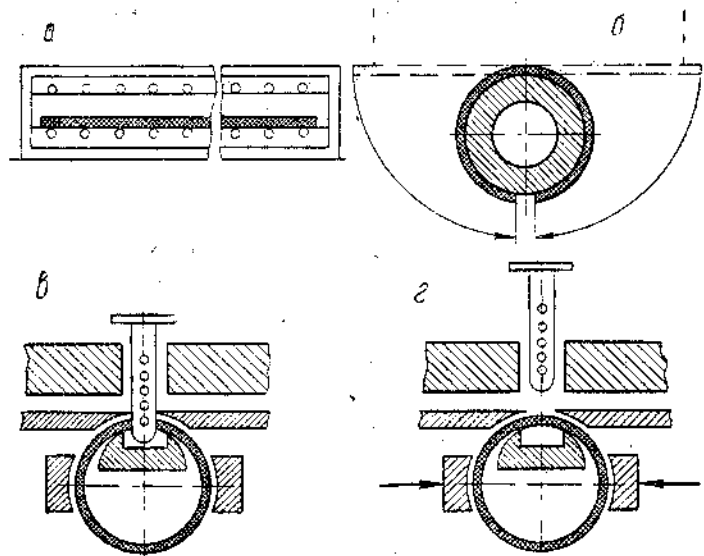


Рис. 16. Технологический процесс изготовления полиэтиленовых труб:
а—разогрев заготовки детали из полиэтилена в термостате. б—формование разогретой заготовки в трубу. в—прогрев свариваемого шва нагретой линейкой, г—стыковая сварка продольного шва.

5. Линейка поднимается, освобождая нагретые кромки продольного стыка. Труба сжимается прижимами с боков до плотного смыкания расплавленных кромок с некоторым выдавливанием размягченного материала в обе стороны и образованием продольного сварного шва. Сваренная труба удерживается в таком положении до остывания сварного шва, что определяется по побелению материала на всем его протяжении.

Для обеспечения качественной сварки продольного шва необходимо проследить, чтобы после формования трубы свариваемые кромки при сжатии на всем протяжении плотно соприкасались без образования зазоров и коробления.

Продольная сварка труб по выполненным работам и по конструкции применяемых приспособлений во многом сходна со сваркой продольных швов при производстве электро-сварных стальных труб. Стыковая сварка полиэтиленовых труб производится в следующей последовательности: торцы труб, подлежащие сварке, нагреваются на электроплитах при температуре $220\text{--}260^\circ$ и выдерживаются на них до расплавления (сильного размягчения) на глубину $2\text{--}3$ мм с небольшим выплыванием расплавленного материала в стороны. Затем в тиски зажимается стержень, диаметр которого соответствует внутреннему диаметру свариваемых труб. Трубы с нагретыми торцами снимаются с электроплиты и надеваются на стержень. Разогретые торцы труб сжимаются и удерживаются в таком положении в течение $40\text{--}45$ сек до побеления расплавленного слоя (шва), после чего охлаждаются $2\text{--}4$ мин. Применять металлические стержни для центровки свариваемых труб нецелесообразно, так как из-за большого теплоотвода в массу металлического стержня могут произойти значительное охлаждение свариваемого участка и снижение прочности сварного шва. При сварке длинных отрезков труб центровку их удобно производить коротким стержнем, вставляемым со стороны свариваемых торцов, с последующим удалением его после охлаждения сваренной трубы.

При сварке узлов конструкций и изделий таврового сечения приварку полок к подошвам производят с применением термошкафов, специальных инструментов и электроплит.

Сварка контактным нагревом осуществляется в такой последовательности. Вначале в термическом шкафу с температурой $300\text{--}350^\circ$ в течение $20\text{--}30$ мин прогревают стальной или алюминиевый инструмент, имеющий вид пла-

стины толщиной 10—15 мм и длиной, соответствующей длине сварного шва.

Полиэтиленовая полка устанавливается вертикально на нагретую до 230—260° электроплиту, где выдерживается в течение 3—4 мин до расплавления нижней кромки полки, т. е. до появления прозрачного размягченного слоя (у соприкосновения с горячей плитой).

Подошва полиэтилена, на которую должна быть приварена полка, укладывается на рабочий стол и на ней очерчиваются два штриха, ограничивающие место для приварки полки.

Нагретый инструмент рабочей поверхностью накладывается на подошву между штрихами. В таком положении инструмент прижимается к подошве полиэтилена и удерживается до погружения в нее на глубину 1,5—2,5 мм с выдавливанием расплавленной массы в стороны от линейки.

Горячий инструмент убирается, на его место устанавливается и прижимается полка с правильным совмещением расплавленных участков полки и подошвы. В таком положении полка удерживается 30—40 сек, после чего давление можно снять и оставить сваренные детали для дальнейшего охлаждения.

При правильно проведенной сварке шов в разрезе показывает монолитную структуру и имеет прочность, близкую к исходному материалу. Выдавливаемые из сварного шва наплывы не должны иметь заметных бугров и выемок. Прочность швов при контактном нагреве значительно выше, чем при сварке с газовыми теплоносителями. При серийном и массовом производстве этот способ сварки может быть легко механизирован и автоматизирован.

Пленки из пластмассы используют не только для упаковки продовольственных товаров, но и для влагопроницаемой упаковки деталей машин, иногда довольно больших размеров, и даже в виде цельной оболочки для защиты от коррозии автомобилей и самолетов.

Полиэтилен сохраняет эластичность и прозрачность и не теряет своего защитного действия при низких температурах, вплоть до -60°. Поэтому его успешно применяют для упаковки продовольственных продуктов, подвергаемых глубокому охлаждению.

За последние годы начали изготавливать чрезвычайно тонкие и совершенно прозрачные пленки из полиамида 66 (нейлона), обладающего очень высокой разрывной проч-

ностью и являющегося идеальным упаковочным материалом. Он обладает хорошей стойкостью к жирам и маслам и его можно сваривать на обычных машинах для контактной сварки, однако температура сварки нейлона значительно выше, чем для большинства термопластов.

Светопроницаемость пленки из полиэтилена в тонких слоях довольно хороша, хотя этот материал не так прозрачен, как стекло; кроме того, полиэтиленовые пленки образуют хорошую изоляцию, не проницаемую для паров и воды. По этой причине такая пленка находит применение для различных целей в сельском хозяйстве.

За последние годы проводилось много опытов по замене стекла в теплицах пленкой из полиэтилена, затраты при этом значительно меньше, чем при остеклении металлических конструкций. Размеры защищаемой площади неограниченны, так как, сваривая пленки полиэтилена, можно получать полосы любой длины и ширины. Установлено также, что изоляция пленкой обуславливает некоторую экономию топлива.

В химической промышленности особое значение имеет защита от коррозии, во многих случаях для этой цели служат конструкции из кислотоупорного кирпича в монолитном исполнении. Однако до сих пор неизвестен ни один строительный материал, который мог бы обеспечить сплошную изоляцию без образования трещин и обладал бы хорошей стойкостью к кислотам, щелочам и другим химическим соединениям, а также стойкостью к истиранию и температурной стойкостью.

В кирпичной кладке бывает много швов, которые являются слабыми местами сооружения. Кирпич и цемент могут быть химически стойкими сами по себе, однако возможно проникновение кислоты в местах соединения, особенно когда вследствие вибраций или химического воздействия образуются трещины. В случае воздействия сильно коррозирующих химических веществ возможно их проникновение в отдельных точках к нижележащему материалу, например к металлическим конструкциям резервуара или какого-либо иного сооружения.

Химическое воздействие обычно замечается не сразу, и возможны значительные повреждения конструкции, прежде чем будут обнаружены опасные места.

Однако можно сочетать преимущества кирпичной кладки и сплошной футеровки, если непосредственно под кирпичной кладкой проложить сплошной слой такого мате-

риала, который хотя и не подвержен коррозии сам по себе, но может обеспечить нужную защиту вследствие своей малой прочности на истирание. Такой способ сооружений особенно пригоден для строительства дорог и трубопроводов, по которым транспортируются суспензии абразивных материалов. В больших резервуарах для химических веществ коррозию также обычно не замечают до тех пор, пока стальная конструкция не будет разъедена, что влечет за собой большие затраты на ее ремонт. Для облицовки резервуаров используют различные материалы, например, свинец или каучук. Полиэтилен является идеальным материалом для изоляции. Пленка очень прочная, устойчива против кислот, щелочей и большинства неорганических соединений.

Используют пленки полиэтилена также для изоляции различных отводов на сернокислотных установках, подверженных действию кислот или их паров. Такие отводы сооружаются, например, около больших кислотных резервуаров, при этом пленку полиэтилена прокладывают под кислотоупорной футеровкой отводящих каналов для защиты цементной кладки от повреждения.

Применение пленки полиэтилена и других пластмасс в строительстве в виде защитного слоя оказалось очень целесообразным. Сварку швов производят электрохимически с применением переносной аппаратуры.

При сварке пластических масс контактным нагревом при серийном и массовом производстве довольно легко осуществляется механизация и автоматизация производственных процессов. Внедрение в промышленность этого вида сварки не представляет никаких трудностей.

По указанным причинам этот вид сварки нашел широкое применение в промышленности и технике, транспорте и сельском хозяйстве, строительстве и производстве бытовых изделий.

Сварка пластмасс нагретым инструментом

Источниками нагрева места сварки при использовании нагревательных элементов являются разогретые тела, передающие тепло свариваемым поверхностям посредством контакта.

Поэтому иногда этот способ нагрева называют контактным. В зависимости от применяемой оснастки сварка осу-

ществляется различными нагревательными элементами: пластиной, электропаяльником, электроутюгом, нагретыми роликами и т. д.

В ряде случаев производят сварку, оставляя нагревательный элемент (провода, полосы, сетки и т. д.) вваренным в месте соединения.

Сварка нагретым инструментом листов и соединение нагреванием пленок в сущности одинаковы. В обоих процессах для доведения пластмасс до температуры сплавления используется нагретый инструмент. Для того чтобы нагреть поверхности соединяемых пластмассовых материалов, они контактируются с нагретой металлической пластиной или другим инструментом и выдерживаются в таком положении до тех пор, пока полностью не расплавятся. Как только соединяемые поверхности материала достаточно размягчаются, их удаляют с нагревательных пластин (иногда удаляют нагреватель), свариваемый материал быстро соединяют, плотно зажимают в требуемом положении и выдерживают до тех пор, пока расплавившийся материал не охладится и не образует прочное соединение.

При сварке большинства пластмасс с помощью нагретого инструмента давление в процессе сплавления размягченного термопласта колеблется от 0,3 до 1 кг/см². Такие пределы давления обеспечивают необходимую прочность соединения без чрезмерного выплеска материала.

Время, необходимое для размягчения поверхности материала нагретым инструментом, может быть самым различным, однако наилучшие результаты удалось получить при выдержках в интервале 4—10 сек и при рекомендуемом режиме давления и температуры. В процессе сварки давление между двумя размягченными поверхностями термопластичного материала должно быть достаточным, чтобы вытеснить пузырьки воздуха и плотно сжать свариваемые поверхности. Одним из важнейших факторов при получении качественных швов является время, проходящее между удалением расплавленных деталей с горячей пластины или других нагревательных элементов и их соединением для образования шва. Незначительное превышение этого времени в данной операции допустимо, однако прочность шва будет меньшей, если интервал времени между снятием нагретого материала и его сжатием увеличится. Время, затрачиваемое на эту операцию, должно быть в пределах одной секунды и даже меньше.

Давление на размягчение края листов, соединенных ме-

тодом сварки нагретым инструментом, способствует образованию валика. Затем заготовка охлаждается, и если сваренный материал предназначен для использования без последующего формования, то валик удаляется путем шлифовки, а весь сваренный участок полируется. Однако если сваренный лист должен повторно нагреваться для последующего формования, валик не зашлифовывается, так как это может привести при повторном нагревании листа к образованию на месте валика вмятины. Очертания валика можно сгладить, если после сварки зажать соединение между жесткими пластинами.

Основным недостатком сварки нагретым инструментом является то, что требуется крупногабаритное оборудование. Например, сварку в потолочном положении очень неудобно выполнять при использовании того оборудования, которое необходимо для сварки нагретым инструментом.

Сварка нагретым инструментом применяется главным образом для соединения акриловых пластмасс и пластифицированного поливинилхлорида, однако она начинает находить все большее применение и для соединения других пластмасс, таких как, например, линейный и разветвленный полиэтилен, а также полипропилен.

Технология сварки нагретым инструментом широко применяется для соединения труб и больших трубных секций, она может также применяться для соединения сформированных пластмассовых секций, в которых соблюдение высокой точности размеров необязательно.

Наиболее подходящими температурами для сварки нагретым инструментом являются температуры от 210 до 350°. Выбор температуры, требующей для сварки какой-либо определенной пластмассы, может быть сделан путем определения, при какой температуре происходит полное сплавление свариваемых поверхностей пластмассы в течение 10 сек.

Так, например, при сварке полиэтилена высокой плотности температура расплавления полиэтилена во время непосредственного контакта с нагретой пластиной составляет 210°. Однако когда тепло передается от горячей пластины тепловой радиацией, температура пластины может достигать 485—490°. Для разветвленного полиэтилена удовлетворительные результаты можно получить, применяя температуры нагрева 150—210°. Для сварки линейного и разветвленного полиэтилена вполне удовлетворительных результатов можно достигнуть, применяя нагревательную

пластину из твердого алюминия. Пластину нужно отполировать и покрыть никелем, чтобы предотвратить коррозию металла плиты в результате разложения прилипшей к ней смолы.

При сварке акриловых смол максимальной является температура сварки порядка 315—350°. Если температура будет ниже указанной, прочность сварных швов снизится. Повышение же температуры выше указанного предела приведет к подгоранию полимера.

Для сварки различных пластмасс методом нагревания важно точно установить момент достаточного нагрева.

Так, при сварке метилметакрилата материал следует удалить от нагревательной плиты сразу же, как только появляется густой дым. При соединении двух свариваемых поверхностей необходимо, чтобы из промежутка между ними выделилось как можно больше расплавленного материала. Это нужно для того, чтобы удалить из зоны шва посторонние примеси и газовые пузырьки. Швы хорошо выполнены, если искажение незначительно и линия в том месте, где произошла сварка материала, слабо заметна.

При сварке акриловых смол происходит их частичная деполимеризация в жидкий мономер, что в достаточной степени размягчает поверхность и обеспечивает хороший контакт свариваемых поверхностей в месте их соединений.

Для всех видов сварки нагретым инструментом требуется обеспечивать точное совпадение свариваемых поверхностей.

Накопленный к настоящему времени хотя и небольшой опыт показывает, что полипропилен также можно сваривать, применяя почти те же температуры и то же давление, которые необходимы для сварки нагреванием линейного полиэтилена.

Металлические поверхности, применяемые при рассматриваемом способе сварки, могут нагреваться несколькими способами. Поверхность может быть нагрета электричеством (что наиболее распространено), паяльной лампой или горячим паром. Следует избегать применения медных или стальных нагревательных пластин, так как в нагретом состоянии при контакте с пластмассовой поверхностью они могут вызвать разрушение некоторых пластмассовых материалов. Можно применять нагревательные пластины, покрытые хромом.

Чтобы термопласты не прилипали к нагретой металли-

ческой поверхности, применяют смазки из различных сортов воска и смазочных масел. Хотя такие смазки и эффективны для предохранения от прилипания пластмассы к поверхности, шов обычно бывает ослаблен за счет присутствия в нем упомянутых смазок, вследствие чего их широкое применение не рекомендуется.

Помимо оборудования, необходимого для нагревания и сварки пластмасс, требуется также и вспомогательное оборудование. Это шкафы для предварительного подогрева, машины для формования труб, специальное сварочное оборудование для выполнения швов большой длины, генераторы электрического тока, ленточные пилы, шлифовальные круги, малогабаритные нагревательные шкафы для подогрева инструмента, гибочные прессы, пилы для угловой распиловки материала и верстаки к ним, а также различные зажимные приспособления и всевозможное вспомогательное оборудование.

Сварка горячим прессованием. При этом методе тепло передается к месту сварки через поверхности зажимных приспособлений (прессов). Нагрев материала осуществляется за счет тепла электронагревателя. При достижении установленных температуры и давления дается выдержка, затем производится охлаждение под давлением. Специальное приспособление позволяет применять большие давления при прессовке и осуществлять локальный разогрев. Методом прессования свариваются встык листы, стержни, полосы и пластины.

Сварка литьем под давлением. При производстве толстостенных конструкций и изделий из полиамидных и полиуретановых деталей, изготовленных методом литья под давлением, иногда производят соединение таких деталей путем образования сварных швов литьем под давлением. Для сварки детали вновь укладывают в литьевые формы и путем вторичного литья под давлением получают сваренный узел. Сварка бывает особенно прочной тогда, когда для образования сварного шва применяется более высокоплавкий полиамид или полиуритан.

Такие сварные швы имеют большую механическую прочность, которая приближается к механической прочности исходных материалов.

Сварка горячим «лезвием» и паяльником. При этом способе сварки теплоносителем является нагретая металлическая пластина, которая помещается между свариваемыми плоскостями. После того как тепло от пластины раз-

мягчит свариваемые поверхности, пластину быстро удаляют, а поверхности соединяют и сдавливают. Чтобы исключить охлаждение разогретых поверхностей, время с момента удаления нагревателя до сдавливания поверхностей должно быть минимальным.

Таким способом сваривается встык или внахлестку одновременно вся поверхность соединения.

Применение электроутюгов для соединения пленочных материалов толщиной более 1 мм нецелесообразно из-за низкой теплопроводности термопластов. Сварку мягких пластиков большой толщины лучше вести горячим способом, как это было описано раньше. При помощи контактного тепла можно также сваривать твердые термопласты: винипласт, плексиглас и др. На этом принципе разработан способ производства сварных труб из листовых термопластичных материалов.

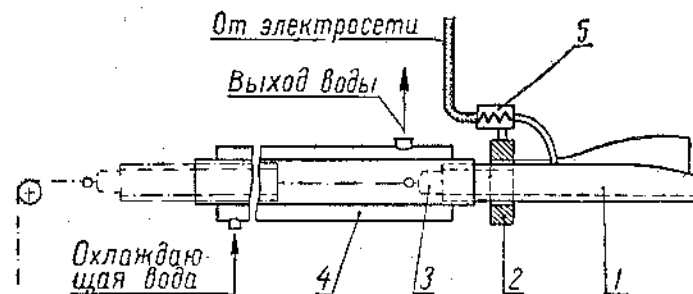


Рис. 17. Приспособление для изготовления сварных труб из термопластов.

Принцип изготовления сварных труб заключается в следующем (рис. 17). Из листового материала вырезают заготовку, по площади равную развертке изготавливаемой трубы. Затем предварительно разогретую заготовку 1 соединяют с одной стороны встык и вставляют в калиброванное кольцо 2, внутренний диаметр которого меньше наружного диаметра трубы на 1—1,5 мм. Заготовку прикрепляют соединенными концами к зажимному приспособлению 3 и затем с помощью лебедки протягивают сквозь кольцо через охлаждающее устройство 4. По мере движения заготовки через кольцо она приобретает цилиндрическую форму, свариваясь по месту соединения кромок, которые нагреваются электронагревательным элементом 5 до необходимой температуры.

Сварной шов на трубе обладает достаточной прочностью и плотностью. Сварная труба выдерживает давление до 7—10 ат.

Сварка нагретым роликом, лентой и утюгом. Пленочные материалы свариваются последовательно с помощью горячего инструмента: ролика, ленты, утюга и т. п. При этом в отличие от горячей пластины нагретый инструмент перемещается по поверхности соединения, разогревая и сглаживая пленки. Указанный метод требует строгого соблюдения режима сварки, так как при его нарушении возможен перегрев материала.

Термоимпульсная сварка. При термоимпульсной сварке нагрев пленочного материала осуществляется практически мгновенно, за счет пропуска импульса тока большой силы через нагревательные элементы.

Для этой сварки могут применяться различные формы нагревательных элементов: точечные, полосовые, фигурные.

При точечной дозировке количества тепла термоимпульсная сварка позволяет избежать перегрева пленочных материалов.

Для сварки указанным способом разрабатывается специальное оборудование. Наиболее широкое применение может найти сварочное оборудование, сконструированное по типу сварочных клещей для контактной сварки.

При выборе метода сварки нагревательными элементами необходимо учитывать, что при разогреве материала больших сечений трудно избежать деформации сваренной заготовки с большой длиной шва, вследствие усадки материала при охлаждении. Если изготовление детали связано с разогревом ее выше точки размягчения, желательно проводить сварку до разогрева, чтобы использовать последующую термобработку для снятия внутренних напряжений и, в ряде случаев, деформаций. Если это возможно и необходимо, для уменьшения внутренних напряжений следует применять отжиг ниже температуры размягчения данного материала на 20—25°.

Метод сварки горячим инструментом обеспечивает высокую прочность соединений и достаточную производительность. При сварке органического стекла в месте соединения сохраняется прозрачность. Этим способом можно сваривать фторопласт, полиэтилен, полистирол и др. Возможна сварка угловых, стыковых и тавровых соединений.

Методы сварки нагретыми инструментами более прием-

лемы для стыковых соединений, сварки внахлестку листовых конструкций малых толщин и пленок со швами большой протяженности.

СВАРКА ПЛАСТМАСС ТРЕНИЕМ

В последнее время был предложен и получил распространение совершенно новый метод сварки пластмасс — сварка при нагреве трением. Для нагрева в этом случае используется тепло, получаемое в процессе трения свариваемых поверхностей при приложении к ним давления. Движение может быть колебательным или вращательным (сварка вращением); последний вид движения наиболее удобен.

Сварку трением следует рекомендовать для соединения всех поверхностей, которые можно тереть друг о друга при помощи токарного или сверлильного станка или другого подходящего вида оборудования, а также специальных сварочных машин.

Обычной технологией, применяемой при сварке трением, является вращение с соприкосновением одной половины соединяемой детали с другой половиной, которая стационарно закреплена. При трении выделяется достаточно тепла для сплавления соприкасающихся поверхностей. Поскольку термопласты являются плохими проводниками тепла, требуемая температура сварки достигается очень быстро, нет особой необходимости очищать поверхности перед сваркой, поскольку поверхностная пленка или грязь вытесняется в процессе сварочной операции.

Оборудование и приспособления для сварки трением

Для сварки деталей при нагреве трением применяются различное металлообрабатывающее, деревообрабатывающее оборудование и специальные сварочные машины.

При сварке трением на токарных станках используется вращательное и осевое движение для нагрева деталей в момент осадки нагретых торцов деталей, при этом одна деталь крепится в патроне передней бабки, другая — в шпинделе задней бабки.

Освоен также выпуск специального оборудования для сварки трением. В настоящее время выпускаются два типа сварочных машин — МСТ-1 и МСТ-2. Основные технические характеристики машин для сварки пластмасс трением приведены в таблице 3.

Сварочная машина МСТ-2 снабжена трехкулачковым патроном (165 мм), что позволяет сваривать детали различного диаметра.

Таблица 3

Основные характеристики машин для сварки пластмасс трением

Технические данные машины	Единица измерения	Тип машины	
		МСТ-1	МСТ-2
Тип привода вращения	—	Асинхронный двигатель	
Мощность машины номинальная	квт	10	
Скорость вращения шпинделя	об/мин.	1430	
Тип привода давления	—	Пневматический	
Давление воздуха в питающей сети	кг/см ²	5	
Регулировка осевого усилия	—	Плавная	
Тип зажимов свариваемых деталей	—	Цанги	Патроны
Диаметр свариваемых деталей	мм	25	
Производительность машины номинальная	сварок/час	150	75
Машинное время сварки номинальное	сек	5—12	
Габаритные размеры:			
длина	мм	1700	1600
ширина	"	700	650
высота	"	1350	1200
Вес машины	кг	900	850

В этой сварочной машине имеются два расположенных соосно патрона, в которых закрепляются детали, подлежащие сварке.

Один из патронов вращается вместе со шпинделем при помощи электродвигателя. Радиальные подшипники обеспечивают мелкие потери и воспринимают значительные радиальные нагрузки вибрационного характера, имеющие место в процессе сварки. Упорный подшипник служит для разгрузки электродвигателей от осевых усилий, развиваемых цилиндром сварочной машины. Поэтому муфта делается полужесткой для создания осевого смещения цилиндра при сборке осевых нагрузок.

Давление сжатого воздуха или жидкой среды передается ползуну, который скользит в направляющих и по шпон-

ке перемещается до момента соприкосновения торцевых поверхностей свариваемых деталей. Управляя давлением воздуха, находящегося в обеих рабочих полостях цилиндра, можно в широких пределах регулировать величину усилия прижима торцов свариваемых деталей.

Сварка вращающимся сварочным прутком. При сварке вращающимся сварочным прутком трение, получающееся за счет вращения прутка, может создавать достаточное количество тепла для сплавления соединения. Диаметр прутка должен быть около 6,5 мм, причем состав материала прутка и температура размягчения должны быть аналогичны этим же показателям у соединяемых листов. Пруток, укрепленный на скоростном вертикально-сверлильном станке, вращается со скоростью около 5000 об/мин. Он может быть помещен также в ручную дрель или в патрон ручного шлифовального станка. В процессе сварочной операции на пруток следует производить небольшое давление, которое необходимо для обеспечения хорошей растекаемости расплавленной пластмассы и предотвращения биения прутка при его вращении. По мере расплавления пластмассы прутки продвигаются вдоль шва. Показателем правильной технологии выполнения сварки этим методом является образование за вращающимся прутком валика из расплавленной пластмассы.

С помощью такого метода сварки на одном и том же шве можно наплавить несколько валиков.

Сварка листов с помощью вращения круглого шипа в отверстии. Сочетание сварки трением с помощью вращающегося прутка и соединений на шипах удобно при сборке из отдельных секций термопластического материала деталей больших размеров, таких, например, как большие стержни или блоки. Шип, пропущенный с вращением сквозь отверстие нескольких листов материала, приваривается к ним и становится нераздельной частью всей детали, соединяя несколько листов вместе, что позволяет обрабатывать полученную деталь почти так же, как целую. Технология сварки вращением шипа в отверстии относительно проста. Листы, подлежащие соединению, вначале шлифуются и подгоняются, затем закрепляются на столе сверлильного станка. После этого в верхних листах и частично в нижнем просверливается отверстие. Затем шип, длина которого несколько превышает общую толщину соединяемых листов и который лишь незначительно меньше по диаметру, чем диаметр отверстия, закрепляется в патро-

не. После этого включается вращение и шип опускается в отверстие. Шип доходит до нижней секции, при этом в результате трения вырабатывается теплота, за счет которой расплавившаяся и скопившаяся под концом шипа жидкая пластмасса выступает на поверхность. Когда расплавленный материал начинает выбрасываться из отверстия на поверхность, вращение приостанавливается, и образовавшийся сквозной шов охлаждается.

Хотя метод сварки вращением шипа в отверстии и обеспечивает хорошую механическую связь нескольких листов, однако при этом не обеспечивается однородного сплавления между листами. В тех случаях, когда из нескольких листов необходимо получить однородно сваренный блок, более целесообразно применять технологию сварки общим нагревом за счет тепловой радиации.

Технология сварки

При сварке трением режимы процесса могут различаться по величине поверхностных скоростей вращения, величине контактного давления и продолжительности контакта. Существенное значение имеют также различные характеристики термопластов, такие, как коэффициент трения и теплопроводность. Для того чтобы избежать перегрева зоны сварки и поддерживать требуемое давление, продолжительность цикла должна быть достаточной лишь для обеспечения полного сплавления соприкасающихся поверхностей. Более короткий сварочный цикл уменьшает выплеск и возникающие внутренние напряжения.

Сварочный цикл может регулироваться любым из следующих переменных факторов: трением, продолжительностью операции или положением шпинделя относительно оси. Наиболее часто процесс сварки трением регулируется положением шпинделя и продолжительностью цикла. Регулирование положения, которое обеспечивает расплавление и вытеснение расплавившегося материала во время каждого цикла, может осуществляться несколькими способами. Обычно в системе автоматической подачи устанавливается ограничительный переключатель, который автоматически выводит из зацепления переходную муфту.

В тех случаях, когда объем производства изделий не оправдывает использования автоматического оборудования, достаточен зрительный контроль процесса сварки, а трение может быть прекращено путем отклонения привода шпин-

деля. Давление можно регулировать за счет использования подающего винта или пневматического подающего приспособления. Давление должно быть достаточно высоким, чтобы удалялись пузырьки воздуха, которые могут образоваться в результате загрязнения или разрушения материала в месте соединения. При более высоких температурах требуется большее давление для предотвращения разрушения материала или образования пузырьков воздуха. Обычно для большинства сварочных операций давление колеблется от 0,7 до 15 кг/см².

При высоких скоростях вращения поверхностей выделяется больше теплоты трения, и сварочный цикл таким образом сокращается. Кроме того, высокие скорости вращения обеспечивают центробежное оплавление, что особенно важно при сварке полых цилиндрических заготовок. Максимальное увеличение скорости вращения поверхностей ограничивается только повышающейся вибрацией или нарушением центровки контактируемых поверхностей. При низких скоростях вращения происходят шлифовка и механическое скалывание материала и не создается требуемой величины трения поверхностей, необходимой для их сварки. Швы удовлетворительного качества получены при различных скоростях вращения поверхностей — от 25 до 65 м/мин.

Скорость вращения поверхности цилиндра зависит от диаметра цилиндра и от количества оборотов в минуту.

Сварка трением удобна для соединения труб, поскольку разница между скоростями вращения на внутреннем и внешнем диаметрах трубы невелика.

Для сварки стержней из полиметилметакрилата диаметром 25 мм, вращающихся на высокоскоростном сверлильном станке, требуется скорость 6000 об/мин. Поскольку воздух из трущихся поверхностей практически почти полностью удаляется, образование воздушных пузырьков в пространстве соединяемых поверхностей значительно сокращается.

Чрезмерно высокая скорость вращения или слишком малое давление приводят к обугливанию синтетической смолы. Существует прямое линейное соотношение между скоростью и давлением. Так, например, одинаковый эффект нагревания достигается удвоением скорости вращения поверхности или оказываемого на нее давления, причем одна из изменяемых величин может оставаться постоянной. Это простое соотношение позволяет легко переходить от ис-

пользования одного механизма к использованию другого и быстро подбирать требуемые параметры режима сварочного процесса.

Как только подлежащие сварке поверхности достаточно расплавятся и будет создано требуемое давление, трение должно быть приостановлено. Такой резкий переход для некоторых пластмасс может оказаться критическим.

Трение деталей из нейлона и некоторых других жестких термопластов с низкой вязкостью расплава и относительно резким переходом к состоянию расплавления должно быть приостановлено почти мгновенно. При сварке материалов упомянутого типа между соприкасающимися поверхностями необходимо оставлять только тонкую пленку расплава. Кроме того, следует избегать также чрезмерно высоких давлений. Если торможение происходит слишком медленно, то расплавленная пленка может затвердеть до того, как вращение будет прекращено, в результате чего шов получится неровный.

Трением можно сваривать большинство термопластов: полиэтилен, полиметилметакрилат, нейлон, полиформальдегид и др. При сварке какой-либо пластмассы прочность шва может быть разной в зависимости от определенного физического состояния свариваемого материала.

Так, например, при сварке трением нейлона важным фактором является содержание в нем влаги до сварки. Нейлон поглощает незначительное количество влаги (2,5% от общего веса при 50% относительной влажности и температуре 23°), однако при сварке нейлона сразу после сушки или немедленно после формования получают швы, которые обладают прочностью в 10 раз большей, чем швы, которые получают при сварке нейлона, не подвергнутого предварительной просушке.

Акриловые смолы с большим молекулярным весом лучше поддаются сварке трением, поскольку остаточный мономер обычно оказывается неустойчивым при повышенных температурах и имеет тенденцию превращаться в газ и испаряться, что способствует ослаблению шва.

В связи с этим при сварке трением формованных и штампованных акриловых пластмасс обычно получают лучшие швы, чем при сварке литых акриловых материалов. Соединения, полученные сваркой трением, имеют равномерную и более высокую прочность, чем клеевые соединения. Поверхности соединений, сваренных трением, после испытания их на удар показали, что сварные швы лишь сме-

щаются, в то время как клеевые соединения при той же ударной нагрузке разрушаются по линии шва.

Различие скоростей в разных точках вращающихся и соприкасающихся поверхностей является причиной различия температуры в свариваемом материале, что в свою очередь приводит к возникновению остаточных напряжений в охладившемся соединении. Остаточные напряжения максимальны в центре шва и минимальны в точках, лежащих ближе к краю соединения. Если наиболее напряженные участки швов некоторых термопластов окажутся в условиях, ведущих к образованию трещин или изломов, то под действием нагрузок в материале может появиться большое количество трещин. Пластмассы, имеющие тенденцию к образованию трещин, после сварки желательно подвергать прогреву.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на качество шва, является правильный выбор вида соединения. Наиболее целесообразная форма соединения обеспечивает максимальную площадь сварки и минимальные различия в скоростях вращения соприкасающихся поверхностей.

Зона сварки может быть увеличена за счет применения соединений уступом, шипом и пазом, соединений с разделкой кромок «на ус».

Максимальная зона сварки ограничивается обычно толщиной стенок или сопротивлением трению, величина которого возрастает при увеличении площади соприкасающихся поверхностей. Обычно разница в скоростях вращения поверхностей может быть уменьшена за счет удаления осевой части свариваемой зоны, где скорость вращения поверхности близка к нулю. При этом прочность шва может быть увеличена в небольших сечениях, даже в тех случаях, если не увеличивается площадь соединения, чтобы компенсировать удаленную осевую часть свариваемой зоны материала при условии, что разница скоростей в различных точках поверхности уменьшается. При сварке сплошных сечений влияние разницы скоростей компенсируется за счет выпуклого профиля в центральной части деталей с учетом того, чтобы материал в этом месте расплавлялся и растекался в первую очередь.

Кроме того, для обеспечения большей площади соприкосновения свариваемых поверхностей применяются также соединения с обработкой кромок «на ус» и соединения «шип в паз», которые обеспечивают плотную подгонку дета-

лей и уменьшают вибрацию поверхностей особенно при сварке трением деталей тонкого сечения.

Если два элемента какого-либо одного материала имеют несколько различные точки плавления, то образующийся при трении жидкий материал может быть направлен внутрь или наружу. Так, например, при обработке кромок «на ус», в случае соединения полой цилиндрической детали, расплавленный материал будет обычно наплавляться на внешнюю поверхность, если материал имеет более высокую точку плавления. Если два свариваемых материала имеют одинаковый состав, то прилагаемое давление выдавит расплавленный материал по границе раздела свариваемых поверхностей. Хотя образование расплава является положительным показателем завершения сварочного процесса, оно нежелательно с точки зрения внешнего вида детали.

Правильная подготовка элементов и допуски соединения являются важными факторами для регулирования количества пластмассы, вытесненной в разогретом виде. Регулирование переменных параметров сварочного процесса также влияет на образующееся количество расплава. При высоких скоростях вращения и высоких давлениях расплав образуется и удаляется из зоны соединения быстрее, и поэтому его количество труднее регулировать. Очень высокие скорости увеличивают отбрасывание расплавленного материала на внешнюю поверхность и уменьшают его поступление на внутреннюю поверхность полой детали.

Обычно следует выбирать самый короткий свариваемый цикл, обеспечивающий требуемое качество сварки. При этом соединению может быть придана такая форма, при которой образуется требуемое количество расплава внутри или снаружи или же образовавшийся расплав будет удерживаться в специальных щелях или гнездах соединения.

Схема способов сварки при нагреве трением приведена на рис. 18.

Первый способ сварки при нагреве трением применяется при изготовлении деталей сравнительно небольшой длины, второй — для сварки деталей большой длины.

Принцип сварки деталей небольшой длины заключается в следующем. Две детали, подлежащие сварке, располагаются соосно: одна из них закрепляется неподвижно, а другая вращается вокруг общей оси. На сопряженных торцевых поверхностях деталей возникают силы трения, вызы-

вающие интенсивный нагрев поверхностей до температуры, достаточной для осуществления сварки давлением без расплавления пластической массы. При достижении этой температуры вращающаяся деталь мгновенно останавливается и процесс сварки заканчивается естественным налаживанием свариваемых поверхностей. Сварное соединение можно рассматривать как результат сближения поверхностей свариваемых деталей и образования между ними прочных связей.

Сварка деталей большой длины для облегчения производственного процесса выполняется при помощи специально изготовляемой для этих целей ставки. Длинные детали закрепляются неподвижно, а вставка вращается вокруг общей оси свариваемых деталей. Как и в первом случае, вызывается интенсивное тепло-

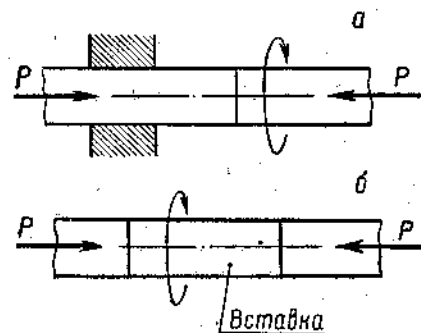


Рис. 18. Схема сварки при нагреве трением.

выделение и интенсивный нагрев поверхностей до требуемой температуры; по достижении которой происходят сварка и формование сварного шва.

Указанным способом производится сварка деталей из прутка и труб. Момент сварки чаще всего устанавливают опытным путем. Но практика показывает, что обычно с момента возникновения трения и до остановки станка проходит 3—25 сек. Полное затвердевание сварного шва происходит по истечении 5—8 мин после остановки станка.

Для ускорения нагрева можно вращать детали в противоположные стороны.

Обработка сварных узлов. При изготовлении деталей в местах сварки образуется грат, для удаления которого применяют простое по конструкции и в изготовлении приспособление. Снятие грата производится следующим путем: заготовку вставляют в матрицу и молотком или под прессом толкают деталь. При прохождении детали через матрицу грат срезается заподлицо с деталями, образуя довольно чистую и гладкую поверхность.

Для снятия грата с деталей больших диаметров применяется универсальное высокопроизводительное приспособление, которое значительно облегчает труд рабочего.

Применение сварки трением

Основным преимуществом сварки трением является скорость и несложность операции. В большинстве случаев может быть приспособлено стандартное оборудование механического цеха или мастерской, такое, как, например, токарные, сверлильные, деревообрабатывающие и другие станки.

Температура трения бывает настолько высокой, что обеспечивает почти моментальную сварку поверхностей, в то время как температура материала непосредственно за зоной шва почти не меняется. Так как воздух практически удаляется из пространства между трущимися поверхностями, окисление пластмасс сокращается до минимума. Это представляет собой определенное преимущество при сварке материалов, качество которых ухудшается при взаимодействии с кислородом, таких, как, например, нейлон.

Сварку трением выгодно также применять в тех случаях, когда не требуется предварительной подготовки поверхности.

Концентрированный разогрев материала не влияет отрицательно на свойства околошовной зоны, поэтому сварные соединения обладают хорошими механическими свойствами.

Сварка трением обеспечивает высокий коэффициент полезного действия процесса. Определения к. п. д., сделанные при сварке трением, показывают, что в этом случае требуется в 5—10 раз меньше энергии, чем при контактной электрической сварке. Это объясняется тем, что во время сварки трением выделение тепла локализуется непосредственно на поверхностях свариваемых деталей. Во всех других сварочных процессах большое количество тепла теряется при подведении его к свариваемой детали, а также в результате нагрева большего объема материала, чем необходимо для сварки.

Преимуществом сварки трением являются высокая производительность и легкость автоматизации процесса, возможность сварки в полевых условиях, вдали от источников энергоснабжения. Вращение свариваемой детали может быть осуществлено от двигателя внутреннего сгорания.

Однако следует отметить, что применение сварки трением

строго ограничено соединениями, имеющими относительно простую геометрическую форму, причем наиболее удобно сваривать соединения крупной формы. Вторым обстоятельством, ограничивающим применение этого вида сварки, является чрезмерное выдавливание материала, которое в какой-то мере необходимо для обеспечения полного и прочного соединения. Подбором конфигурации соединяемых деталей можно снизить до минимума количество выдавливаемого материала или отводить его в специально сделанные внутренние углубления.

Сварка трением применяется для изготовления рукояток к инструменту, пробок контейнеров, маховичков, фитингов к трубам, линз бутылей и соединений для труб, сварки труб, стержней и арматуры. Сварка трением удобна также для приварки дисков к пластмассовым листам в процессе ремонтных работ, а также для заправки жидкостей в контейнерах из термопластов. В таких случаях сварка может выполняться под слоем жидкости благодаря интенсивной локализации выделяемого тепла.

Для скрепления отдельных элементов конструкции могут быть применены различные виды сварки, включая сварку трением и др.

Помимо соединения одноименных термопластов, сварка трением может быть применена и для соединения термопластов с другими пластмассами, имеющими разные температуры плавления и различную структуру.

Методом сварки трением может быть достигнута прочная механическая связь. При вращении детали из термопластика, соприкасающейся с непористым материалом, таким, как металлы или терморезистивные смолы, термопластический материал будет расплавляться и поступать в углубления соизмеряемой детали. В результате при правильном выборе конструкции деталей образуется прочное соединение, имеющее качества обоих свариваемых материалов.

СВАРКА ПЛАСТМАСС УЛЬТРАЗВУКОМ

Звук представляет собой механические упругие колебания среды, в которой он распространяется. Колебания частиц воздуха в виде сжатия и разрежения, распространяясь, действуют на встречающиеся препятствия, вызывая их колебания.

Частота звуковых колебаний измеряется в герцах (Гц). Между длиной волны, частотой колебаний и скоростью рас-

пространения звука существует определенная зависимость, которая выражается следующим образом:

$$\text{длина волны} = \frac{\text{скорость звука}}{\text{частота колебаний}}$$

Человек слышит звуки с частотой примерно от 16 до 20 тыс гц (или 20 кгц). Но существуют звуковые колебания с частотой, значительно превышающей 20 кгц.

Это и есть неслышимые звуки, называемые ультразвуками.

Практически для сообщения жидким и твердым телам колебаний звуковых частот используются магнитострикционный и пьезоэлектрический эффекты. Магнитострикционный эффект заключается в изменении размеров ферромагнитных материалов под действием переменного магнитного поля. Лучшими материалами для магнитострикционных устройств являются никель, нержавеющая сталь и некоторые сплавы. Из этих материалов изготавливают специальные устройства — вибраторы, преобразующие изменения магнитного поля в механические колебания. Магнитострикционные вибраторы позволяют получать механические колебания с частотой до 10 кгц.

Для получения колебаний с более высокими частотами, до 50 млн гц, используется пьезоэлектрический эффект, основанный на способности некоторых материалов деформироваться под влиянием неопределенного действия на них электрического поля. К таким материалам относятся кристаллы кварца, сегнетовые соли и соли титаната бария.

Ультразвук начинает широко входить в промышленность как процесс, имеющий очень разностороннее значение. Ультразвуком осуществляют очистку поверхностей от масла, грязи, коррозии и очистку воздуха. Он ускоряет различные химические процессы, создает эмульсии, улучшает структуру металла при отливке, ускоряет процессы, протекающие в металлах при их термообработке, осуществляет различные виды контроля материалов.

Применение ультразвука в сварке может привести к значительному расширению областей использования сварки и к улучшению качества сварных соединений.

Как показали проведенные работы, ультразвук к сварочной технике может быть источником энергии для создания сварных соединений металлов и неметаллических материалов. В сочетании с обычной контактной сваркой он может упростить процесс сварки. Известно, что ультразву-

ковые колебания активно разрушают поверхностные пленки на металле. Это позволяет использовать при контактной сварке металлы с окисленной поверхностью и поверхности, покрытые защитными пленками.

При дуговой и электрошлаковой сварке, воздействуя ультразвуком на сварочную ванну в процессе кристаллизации металла, можно улучшить механические свойства сварных соединений за счет измельчения структуры металла шва и удаления газов.

Воздействуя ультразвуком на металл готового сварного соединения, можно повысить его прочность за счет упрочнения металла.

Ультразвук можно использовать для повышения качества сварных конструкций, снижая или полностью снимая собственные напряжения и деформации, возникающие после сварки.

Ультразвуком можно ускорить естественные процессы распада аустенита в металле сварного соединения, что дает возможность с течением времени устранить деформирование сварных конструкций и стабилизировать структуру.

Применение ультразвука в качестве источника энергии при сварке является новым методом соединения металлов и пластмасс. Ультразвуковая сварка является дополнением к существующим в производстве способам, расширяющим область применения сварки в промышленности.

Преимущества сварки при помощи ультразвука состоят в следующем:

1. Отсутствие нагрева до температур плавления или близких к ним, имеющее место во всех методах горячей сварки

2. Малая электрическая мощность, необходимая для образования сварного соединения.

3. Отсутствие значительных пластических деформаций, уменьшающих толщину сечения, которые имеют место при холодной сварке.

4. Снижение требований к чистоте поверхности, что дает возможность производить сварку плакированных и оксидированных поверхностей.

5. Минимальное изменение физико-химических свойств материалов под воздействием процесса сварки, что позволяет получать сварные соединения с высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионным сопротивлением, механическими свойствами и др.

6. Возможность сварки очень малых толщин как двух

листов, так и пакетов разнородных металлов, а также приварки малых толщин к большим.

Способ сварки пластмасс ультразвуком также основан на преобразовании механических высокочастотных колебаний в тепловую энергию. Тепло размягчает свариваемые поверхности, и при приложении давления они соединяются.

Механическое воздействие высокочастотных колебаний на соединяемые материалы, по-видимому, также способствует сварке, обеспечивая более тесный контакт соединяемых поверхностей.

Сварка пластмасс происходит по схеме, при которой перемещение и давление действуют по одной линии. В этом случае в месте сварки возникают нормальные напряжения, а не касательные, как при сварке металлов.

Технология сварки

Ультразвуком сваривают такие виды пластических масс, сварка которых затруднительна с помощью токов высокой частоты или контактным методом, например полиметилметакрилат (плексиглас, органическое стекло), полиэтилен, полипропилен, полистирол, хлорвинил, а также винипласт и др. Ультразвук позволяет вести сварку односторонним способом. Легче всего осуществляются нахлесточные, шпунтовые и тавровые точечные соединения. Толщина одной из свариваемых деталей может быть неограниченной, т. е. можно приваривать пленки с массивными деталями. Ультразвуковая энергия может быть подведена к сварному шву на значительном расстоянии, при этом наибольший разогрев происходит на свариваемых поверхностях, вследствие чего исключается перегрев пластмасс по толщине или длине и обеспечивается производительность. Ультразвуковая сварка имеет ряд других преимуществ: легче, чем при сварке током высокой частоты, борьба с радиопомехами, большая безопасность для обслуживающего персонала и др.

Удовлетворительно выполняются шовно-шаговая сварка нахлесточных соединений и сварка по контуру. Стыковые соединения стержней осуществляются на коротких образцах и выполняются без разделки кромок и присадочного материала. В ряде случаев применение резинового отражателя на опоре в виде резиновой прокладки обеспечивает получение качественных швов при малых давлениях и времени сварки. Наличие подкладки позволяет увеличить

энергию в месте соединения за счет ее отражения, однако применение ее не всегда обязательно, и при соответствующих режимах сварку можно осуществлять и без этого отражателя, изменяя режим сварки в сторону увеличения времени или мощности.

При помощи ультразвуковой сварки можно соединять разнородные пластмассы толщиной от 0,1 до 10 мм.

Из винипласта и органического стекла толщиной до 10 мм свариваются стыковые, нахлесточные и тавровые соединения, а также производится пакетная сварка пленок полиэтилена. При определенных режимах сварки толстых листов на внешних поверхностях не остается следов от сваривающего инструмента, т. е. сварка происходит без больших деформаций и во всех случаях разрушение происходит по целому материалу. Результаты испытания на разрыв образцов, сваренных ультразвуком, показывают, что прочность сварных соединений практически равна прочности основного материала.

При сварке нахлесточного соединения из винипласта толщиной 5+5 мм время сварки 0,7 сек. Максимальный нагрев наблюдается на свариваемых поверхностях, где достигается температура плавления 250°. Температура в месте соприкосновения волновода с пластмассой составляет только 180°, а под отражателем — 80°. Качественную сварку можно осуществлять и без отражателя, однако для этого нужно изменять режим сварки. При тавровых соединениях нагрев по длине свариваемого стержня также незначителен. Опыты показывают, что сварка пластмасс успешно происходит в тех случаях, когда зона сварки попадает в пучность амплитуд. Это позволяет сконцентрировать значительное количество тепла, выделяющегося при поглощении ультразвука пластмассой в месте сварки. В результате происходит поверхностное размягчение пластмасс и соединение их при сжатии.

Большое влияние на процесс сварки оказывает отражение ультразвука. Так, например, процесс сварки органического стекла успешно происходит на подушке из резины, которая является отражающим материалом.

Аппаратура и оборудование

Установка для сварки пластмасс ультразвуком состоит из тех же элементов, что и установка для сварки металлов, но ее отличие в том, что ось волновода и нижнего

прижима лежит на одной линии, перпендикулярной свариваемым поверхностям.

Основным рабочим узлом является блок колебаний, состоящий из вибратора или преобразователя, волновода и кожуха, через который протекает охлаждающая вода. Вибратор, используемый в сварочных машинах, работающих на частоте 20 кГц, составляется из тонких листов пермендюра (толщиной 0,1 мм), собранных в пакет размером 125×65×65 мм. На его стержни намотана обмотка из провода ПВ-2,5 мм² (32 витка), концы которого присоединены к ультразвуковому генератору. При прохождении по его обмотке тока высокой частоты меняются размеры пакета и длина волновода, и возникают незначительные механические колебания (амплитуда 5—10 мк). Пакет рассчитан на мощность до 6 кВт. Вибратор, преобразующий ток высокой частоты, получаемый от ультразвукового генератора, в механические колебания, передает их волноводу, являющемуся одновременно усилителем — концентратором механических продольных колебаний. Конец этого волновода служит сварочным инструментом.

При сварке изделие зажимается между концом волновода и подвижной опорой, к которой прикладывается усилие, необходимое для создания давления в процессе сварки. Сварка происходит в момент включения тока высокой частоты на обмотку вибратора. Возникающие в последнем высокочастотные упругие колебания передаются через конец волновода в виде вертикальных механических перемещений той же частоты.

Длительность процесса сварки зависит от толщины и свойств свариваемого материала.

Незначительные механические колебания пакета вибратора (амплитуда 5—10 мк) можно увеличить в 3—10 раз, передавая их через волновод. Волновод может иметь различную форму: ступенчатую, коническую и др. Размеры волноводов рассчитываются в зависимости от частоты колебаний и условий сварки.

При размещении пакета вибратора в кожухе для улучшения использования упругих колебаний задняя стенка его опирается в резиновую прокладку, служащую отражателем.

Для точечной и прессовой сварки пластмасс ультразвуком применяется сварочная машина ПУТ-2.

Сварка осуществляется полуавтоматически. В данной конструкции машины вибратор расположен снизу. Давле-

ние передается на него при помощи рычажной системы. Внизу имеется педальное устройство, которое при нажатии на него снимает давление. Сверху расположена жесткая опора. Время сварки регулируется электронным реле времени.

Кроме машины ПУТ-2, в комплект установки входит ультразвуковой генератор мощностью не менее 3 кВт с частотой 20 кГц. Для точечной и прессовой сварки пластмасс ультразвуком можно использовать станину и механическую часть обыкновенной контактной точечной машины или ультразвуковой станок для механической обработки.

Техническая характеристика машины ПУТ-2

Частота	20 кГц
Напряжение питающей сети	220 в
Максимальное расстояние между концом волновода и опорой	250 мм
Пределы регулирования усилия сжатия	10—250 кг
Скорость сварки	60 точек/мин
Расход охлаждающей воды	15 л/мин
Выдержка, обеспечиваемая реле времени:	
в диапазоне 0,1—0,8 мм	через 0,1 сек
в диапазоне 1—8 мм	через 1,0 сек
Габаритные размеры	520×250×1410 мм
Вес	120 кг

На базе точечной контактной машины МТМ-50 построена ультразвуковая машина ПУТ-5. В ней медные хоботы заменены стальными стержнями. Вместо нижнего электрода контактной машины на стальном хоботе устанавливается блок колебаний. Для получения большего диапазона регулирования числа ходов двигатель переменного тока заменен двигателем постоянного тока, который получает питание от вентилятора с автотрансформатором.

Изменяя число оборотов двигателя, можно менять количество свариваемых точек от 15 до 100 в минуту. В машину встроено электронное реле времени.

Сварочная машина ПУТ-5А представляет собой модернизированную машину ПУТ-5. Она имеет специальный стол, позволяющий осуществлять сварку крупногабаритных изделий. Блок колебаний расположен сверху. Машина предназначена для точечной и прессовой ультразвуковой сварки крупногабаритных изделий из пластмасс толщиной до 10 мм.

Машина ПУТ-5А может работать на полуавтоматиче-

ских и автоматических режимах. Постоянное усилие зажатия создается механизмом давления. Продолжительность сварочного импульса обеспечивается электронным реле времени.

Техническая характеристика машины ПУТ-5А

Частота	20 кГц
Напряжение питающей сети	220 в
Рабочий ход конца волновода	40 мм
Предел регулирования усилия	до 250 кг
Скорость сварки	до 100 точек/мин.
Регулирование времени сварки	0,1—8 сек
Потребная мощность	до 10 кВт
Расход охлаждающей воды	15 л/мин
Габаритные размеры	1300×1100×1250 мм
Вес	300 кг

Машина питается от ультразвукового генератора мощностью не менее 3 кВт.

Для точечной и контурной сварки пластмасс ультразвуком разработана конструкция сварочной машины УЗП-1, которая отличается от машины ПУТ-5А наличием пульта управления, размещенного на ее передней стенке. Блок колебаний расположен сверху над столом, стол может перемещаться по высоте.

Техническая характеристика машины УЗП-1

Толщина свариваемого листа	2—10 мм
Напряжение питающей сети	220/380 в
Давление воздуха в сети	4 кг/см ²
Рабочее давление на точку	5—400 кг
Потребляемая мощность ультразвукового генератора	6 кВт
Рабочая частота	20 кГц
Пределы регулирования времени сварки	0,2—8 сек
Производительность	6—30 точек/мин
Шаговая подача стола	10—80 мм
Скорость перемещения стола	150—2400 мм/мин
Охлаждение вибратора (магнитостриктора)	водяное
Габаритные размеры машины	1425×700×2500 мм
Вес	980 кг

Для сварки могут применяться различные ультразвуковые генераторы, мощность которых выбирается в зависимости от толщины свариваемых изделий и свойств материала.

Области применения ультразвуковой сварки

Сварка пластмасс ультразвуком обеспечивает высокую производительность, малые затраты мощности и наименьшие изменения свойств материалов. Ультразвуком можно варить сечения различной формы, в труднодоступных местах и такие типы соединений, которые обычными методами не могут быть выполнены.

Так как сварка ультразвуком осуществляется односторонним способом, то второго электрода не требуется. Таким образом, толщина второй детали может быть неограниченной и доступ к ней не обязателен.

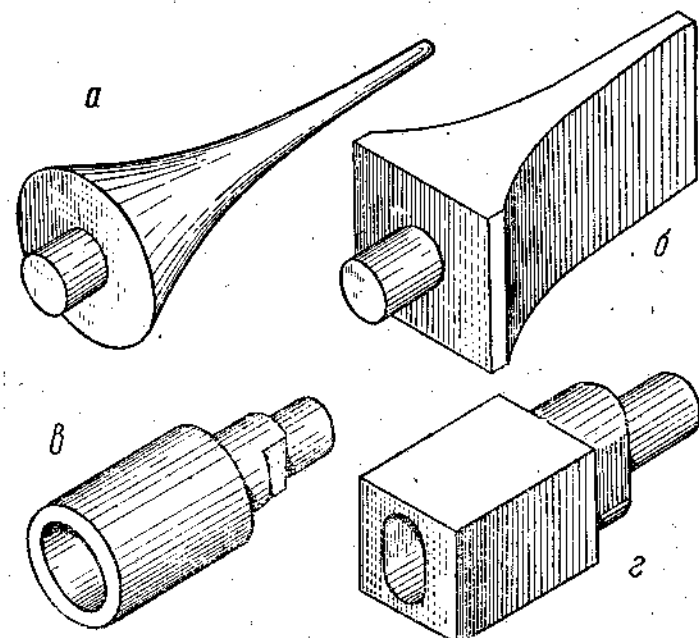


Рис. 19. Сменные наконечники для сварки пластмасс ультразвуком: а — точечной сварки, б — ножевой для шовно-шаговой сварки, в — для контурной сварки кольцевых швов, г — для контурной сварки швов прямоугольного сечения.

Максимальный разогрев происходит на свариваемых поверхностях, что исключает значительный перегрев пластмасс по толщине или длине.

В настоящее время создаются новые установки и разрабатывается промышленная технология ультразвуковой

сварки различных пластмасс. Практикой доказано, что ультразвуковая сварка позволит увеличить производство сварных конструкций и изделий из термопластических масс и, в первую очередь, расширить выпуск конструкций из пластмасс толщиной свыше 6 мм. Дело в том, что изготовление конструкций и изделий из пластмассы приведенной толщины обычно производится с помощью сварки газовыми теплоносителями.

Ультразвуковая сварка пластмасс по сравнению со сваркой с газовыми теплоносителями имеет весьма большие преимущества, к числу которых относится увеличение производительности труда, улучшение условий работы, повышение показателей прочности сварных швов, снижение стоимости изделий и конструкций.

СВАРКА ПЛАСТМАСС ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Применяемые обычно в технике способы нагрева можно подразделить на следующие:

1. Передача тепла (вследствие теплопроводности) при непосредственном контакте.

2. Передача тепла через промежуточный теплоноситель (путем конвекции).

3. Передача тепла излучением.

Простейшим способом нагрева является передача тепла посредством теплопроводящей среды, обычно через металл, при непосредственном контакте. Этот способ применяется в большинстве промышленных процессов. Передача тепла конвекцией, как правило, происходит в среде газов и основана на переносе тепла движением нагретых газов. Применяется этот способ главным образом для отопления помещений и в процессах сушки. Передача тепла излучением основана на том, что очень горячие поверхности отдают тепло окружающей среде без промежуточного теплоносителя, например воздуха. Такая передача тепла происходит и в вакууме и не зависит от наличия газов или жидкостей вблизи излучающего тела.

В отличие от перечисленных способов при нагреве токами высокой частоты используют иной принцип.

Нагрев токами высокой частоты можно подразделить на индукционный, который применим для металлов, и диэлектрический, который применим ко всем электроизоляторам и представляет собой интерес для переработки термопластов.

Если по проводнику проходит переменный ток, то вокруг него образуется переменное магнитное поле, т. е. поле, периодически меняющееся во времени по своей величине, знаку или направлению. Это переменное магнитное поле, пронизывая какое-либо металлическое тело, индуцирует в нем электродвижущую силу.

Под воздействием индуцированной электродвижущей силы в материале возникают электрические токи, вызывающие нагрев.

Индуктированные токи так же, как и вызвавшее их магнитное поле, изменяются во времени, по величине и направлению.

Число полных циклов изменений, совершаемых в одну секунду, и называют частотой тока. Частота, равная одному циклу изменений в течение одной секунды, равна одному герцу ($гц$). Частота, равная тысяче полных циклов в секунду, равна 100 герцам, или килогерцу ($кгц$). Частота тока, равная 1 млн. полных циклов в секунду, равна мегагерцу ($мггц$).

Индуктированные токи вызывают нагрев металла.

Чем выше частота перемен направления магнитного поля и чем больше его величина, тем больше индуцированная в металле электромагнитная энергия и тем сильнее нагрев металла.

Величина поля характеризуется его напряженностью. Для ферромагнитных тел вследствие зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля переданная металлу энергия растет несколько больше, чем пропорционально квадрату напряженности поля. Для сравнительно низких частот, когда магнитное поле пронизывает всю толщу металлического куска, переданная в него энергия пропорциональна квадрату частоты поля.

Нагреваются металлические детали обычно специальными индукторами, форму и конструкцию которых устанавливают, исходя из конструктивных особенностей обрабатываемых деталей и узлов конструкций изделий.

При нагреве металлов и других проводников тока все возможные способы промышленного применения токов высокой частоты обычно рассматриваются на основе использования переменного магнитного поля. Для нагрева диэлектриков, к числу которых относятся свариваемые пластмассы, удобнее пользоваться высокочастотным электрическим полем. Оба переменных поля — электрическое и магнитное — неразрывно связаны между собой. Вместе они со-

ставляют электромагнитное поле, энергия которого используется для нагрева различных материалов. При этом всегда присутствуют обе его составляющие.

Использовать промежуточный нагреватель, каким был индуктор при нагреве металла для нагрева диэлектриков, не всегда возможно и конструктивно целесообразно. Тепло от промежуточного нагревателя проникнет внутрь нагреваемого материала только благодаря теплопроводности. Пластмассы по сравнению с металлами обладают меньшей теплопроводностью.

Высокочастотный (диэлектрический) нагрев термопластических масс, из которых изготавливаются сварные конструкции и изделия, в основном применяется для нагревания таких материалов, которые плохо проводят электрический ток, а также являются плохими проводниками тепла, так как оба эти свойства встречаются в материалах одновременно.

Пластмасса, которую требуется сварить или нагреть, помещается в высокочастотное поле между электродами или в непосредственной близости от них.

Действие высокочастотного поля вызывает межмолекулярное взаимодействие по всей толщине материала, результатом чего является равномерное нагревание.

Под влиянием электрического поля имеющееся в пластмассе небольшое количество свободных электрических зарядов создает незначительный ток проводимости. Основные же заряды, связанные молекулярными силами, смещаются в направлении поля. Смещение элементарных зарядов, называемое поляризацией, происходит вслед за изменением направления электрического поля и с той же частотой, но с некоторым запаздыванием. Запаздывание свидетельствует о преодолении сил, препятствующих смещению зарядов, на что требуется затрата энергии, которая и выделяется в виде тепла. Чем больше частота изменения направления поляризации молекул полимера, т. е. чем больше частота электрического поля, тем больше выделяется тепла.

Как только пластмасса помещается в электрическое высокочастотное поле, заряды поворачиваются таким образом, что совпадают с направлением поля (положительные заряды повернутся к отрицательной заряженной пластине конденсатора, а отрицательные — к положительной заряженной). С изменением направления электрического поля изменяют свое положение и заряды. Различные термопла-

стические массы, внесенные в переменное электрическое поле, нагреваются не одинаково интенсивно. Это объясняется тем, что в зависимости от природы данного материала изменяется энергия, затрачиваемая на поляризацию материала и тока проводимости. Свойство термопластических масс нагреваться в переменном электрическом поле объясняется величиной потерь энергии в ней. Величину, характеризующую потери и зависящую от свойств пластмассы, называют «фактором потерь».

Диэлектрический материал, к которому относятся термопластические массы, помещенный в переменное электрическое поле, будет нагреваться тем больше, чем больше фактор потерь и чем выше частоты электрического поля. Кроме того, степень нагрева зависит от напряжения электрического поля, которое измеряется в вольтах на сантиметр.

При увеличении напряженности вдвое интенсивность нагрева возрастает в четыре раза.

Однако широко пользоваться увеличением напряженности электрического поля нельзя, так как для каждого материала существует определенный предел, после которого происходит электрический пробой. Бывает обычно он в виде искры или дуги, под действием которых свариваемые термопластические массы прогорают.

Для различных материалов допустимая величина напряженности электрического поля различна и меняется от нескольких сот до тысяч вольт на сантиметр толщины. Вызывающая нагрев металла электромагнитная энергия проникает в него лишь на очень небольшую глубину. В диэлектрические материалы она проникает гораздо глубже. Практически, когда приходится иметь дело с конструкциями и изделиями, изготавливаемыми из термопластических масс обычных размеров, электромагнитная энергия проходит насквозь.

Мощность, которая выделится в 1 см^2 диэлектрика при нахождении его в электрическом поле, определяется по формуле

$$P = 5,55 E^2 f \operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-7} \text{ ат/см}^2,$$

где E — напряженность электрического поля в материале в в/см ,
 f — частота электрического тока в гц ,
 ϵ — коэффициент диэлектрической проницаемости материала,
 $\operatorname{tg} \delta$ — тангенс угла потерь нагреваемого материала.

Как видно из формулы, мощность P зависит от множителя $\epsilon tg\delta$, который называется «фактором потерь». Величина его существенно зависит от частоты тока f . Для различных материалов зависимость бывает различной. Частота тока f выбирается такой, при которой «фактор потерь» будет иметь достаточно большое значение. Большей частью для высокочастотной сварки термопластических масс частоты лежат в пределах выше 10 мГц.

Для сварки пластмасс токами высокой частоты металлические пластины, к которым приложено высокочастотное напряжение, заменяются двумя электродами, между которыми укладываются свариваемые детали из термопластической массы. В месте сварного шва под электродами материал, находясь в электрическом поле высокой частоты, быстро нагревается. Нагретая, размягченная пластмасса сжимается электродами. В результате происходит сваривание. Снаружи детали, соприкасаясь с холодной поверхностью металлических электродов, хорошо охлаждаются и не прилипают к ним.

Термопластические массы при сварке токами высокой частоты нагреваются несколько выше температуры размягчения. При нагреве материал в месте сварного шва переходит в вязкотекучее состояние.

Способы сварки пластмасс токами высокой частоты

Сварка пластмасс токами высокой частоты получила широкое распространение как в СССР, так и за рубежом. Положительное качество этого способа, принципиально отличающее его от других, заключается в том, что выделение тепловой энергии происходит в самой массе нагреваемого материала по его толщине. Это значительно ускоряет процесс сварки и предохраняет материал от перегрева.

Схема классификации способов сварки термопластических масс токами высокой частоты приведена на рис. 20.

Выбор того или иного способа сварки токами высокой частоты зависит от конструктивных особенностей изделий.

Сварка токами высокой частоты производится без применения присадочных материалов. Соединяются детали за счет основного материала.

В современной промышленности применяются три способа сварки термопластических масс токами высокой частоты: прессовая, роликовая и точечная.

Принципиальная схема промышленных способов сварки показана на рис. 21.

Прессовая сварка. При прессовой сварке в зависимости от конструкций сварочных машин бывают либо верхний электрод, либо нижний. Есть машины с двумя плитами, к

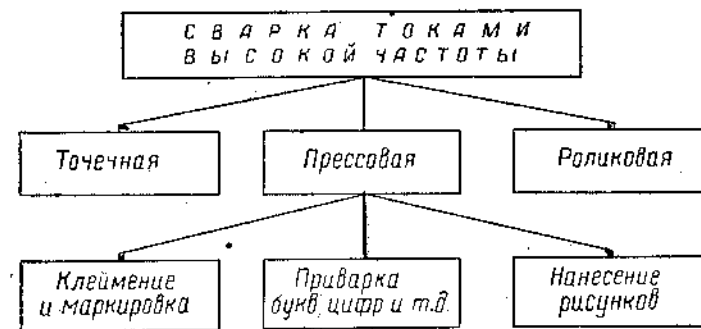


Рис. 20. Схема классификации способов сварки термопластических масс токами высокой частоты.

которым подводится ток высокой частоты. При этом обычно нижняя плита, являющаяся также нижним электродом, подвижна, а верхняя — неподвижна. Верхний электрод одновременно является рабочим инструментом различной формы. При роликовой сварке верхняя консоль сварочной машины перемещается одновременно с установленным на ней верхним электродом-роликом. Обычно верхний ведомый сварочный электрод-ролик узкий, нижний — ведущий электрод, может достигать по ширине 50 мм и больше.

Большим преимуществом прессовой сварки пластмасс является то, что свариваемый материал в месте соединения нагревается одновременно, равномерно и по всей длине шва. Это позволяет поддерживать постоянную температуру на-

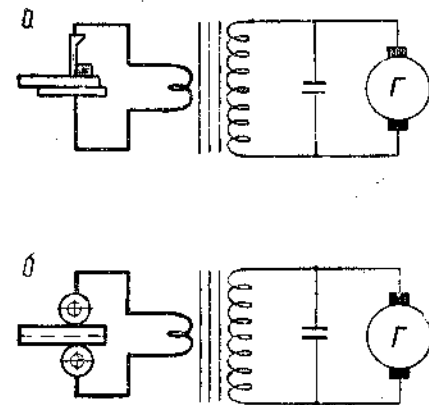


Рис. 21. Схема промышленных способов сварки пластмасс токами высокой частоты:

а—прессовая сварка, б—роликовая сварка.

грева пластических материалов при сварке. При таком методе сварки обеспечивается стабильное качество свариваемых швов. При длительной работе необходимо производить охлаждение электродов.

Прессовая сварка может применяться для клеймения деталей, конструкций и изделий, а также для декоративной отделки. В этих случаях верхний электрод в нижней части имеет клеймо, которое переносится на деталь из пластической массы. Производственный процесс выполняется в следующей последовательности. Деталь, на которую требуется нанести клеймо, укладывается на листовой пресс, который установлен на нижнем электроде-плите сварочного пресса. Затем верхний электрод опускается в конечное нижнее положение и происходит нагрев детали в месте соприкосновения электродов точно так же, как и при сварке. На разогревом месте остается клеймо. Клейма, выполненные на сварочных прессах, имеют красивый внешний вид и ярко выраженный рельеф.

По такому же технологическому процессу производится и нанесение рисунков.

Если требуется сделать надписи, они могут быть выполнены также сваркой токами высокой частоты. Для этого вначале вырезаются или штампуются буквы из пластмасс требуемого цвета, а затем укладываются на детали и привариваются. Сварка производится так же, как и нанесение клейма или рисунков, с той только разницей, что рабочая поверхность верхнего электрода берется гладкой и ровной или ступенчатой с двумя рабочими частями.

Иногда применяют двухэлектродную прессовую сварку. Нижний электрод изготавливается специальной конструкции с шарнирным креплением в нижней части. Для этого электрод имеет необходимый прилив.

При двухэлектродной прессовой сварке применяются верхние электроды обычных конструкций. Шарнирное крепление нижнего электрода обеспечивает плотное и равномерное прилегание рабочих поверхностей верхних электродов, а это в свою очередь позволяет производить качественную сварку. Если в процессе сварки длина одного из верхних электродов изменится, нижний займет соответственно наклонное положение, за счет чего обеспечивается требуемое прилегание рабочих поверхностей нижнего и верхнего электродов. В зависимости от изменения длины верхних электродов нижний будет иметь различный угол наклона.

Прессовая сварка термопластических масс токами высокой частоты широко применяется в тех конструкциях и изделиях, где прочность сварных швов должна быть равной или выше прочности основного материала. С помощью прессовой сварки можно выполнять сварные швы, имеющие любую форму, а также любую протяженность. При длине сварного шва, превышающей рабочую длину электрода, сварка производится с перемещением свариваемых деталей.

Цвет сварных швов полностью соответствует цвету материала, из которого изготавливаются конструкции и изделия. Поверхность их блестящая и похожа на хорошо отполированную.

Роликовая сварка. В отличие от прессовой, роликовая сварка материалов производится двумя электродами-роликками, выполненными в виде дисков, из которых нижний, ведущий, изолирован от корпуса сварочной машины, а верхний, ведомый, заземлен. Обычно рабочая ширина нижнего электрода берется в 5—10 раз больше верхнего. Это обеспечивает лучшую подачу свариваемых деталей. Сварка производится при непрерывной последовательной подаче пластмасс.

При непрерывной сварке при длительной работе ролики могут нагреться до температуры выше допустимой. В результате в месте сварки шов изменит толщину, а при значительном перегреве электродов материал сварного шва можно прожечь. Чтобы этого не случилось, сварочные электроды-ролики при непрерывной работе необходимо периодически охлаждать.

Роликовая сварка выполняется обычно двумя электродами. В тех случаях, когда конструкции изделий позволяют применять более производительные методы сварки, используют многоэлектродную роликовую сварку токами высокой частоты.

В практике встречаются сварные изделия, имеющие большие габариты. Изготавливают их из нескольких деталей по длине и ширине. Практически длина и ширина изделий при этом может быть неограниченной.

Роликовая сварка как поперечных, так и продольных швов производится после предварительно выполненной точечной прихватки, которая делается при сборке деталей на тех же шовных сварочных машинах. Роликовая сварка монтажных продольных и поперечных швов производится на сварочных машинах для продольной сварки. На них можно сварить швы любой протяженности. Это позволяет ши-

роко применять роликовую сварку, например, в сельском хозяйстве при производстве крупногабаритных конструкций и изделий для остекления парников, оранжерей, теплиц, междурядных покрытий полиамидной пленкой и другими прозрачными термопластическими массами. Сварные швы, выполненные роликовой сваркой, имеют прочность, значительно превосходящую прочность материала, из которого сделаны конструкции и изделия. Вместе с тем сварные швы весьма плотные — они не пропускают воду, воздух, нефтяные и другие жидкие продукты.

Точечная сварка в промышленности производится на шовных сварочных машинах, т. е. на тех же машинах, на которых выполняется и роликовая сварка. Применяется она для прихватки деталей перед роликовой сваркой, а также в процессе ее выполнения.

Как прессовая и роликовая, так и точечная сварка производится швами внахлестку. Поэтому прочность сварных точек превышает прочность материала, из которого создаются сварные конструкции и изделия. Количество сварных точек устанавливается в соответствии с конструктивными особенностями изготавливаемых изделий.

Установки, аппаратура и оборудование

Все современные сварочные машины для сварки пластмасс токами высокой частоты состоят из лампового высокочастотного генератора, механизма привода электродов, электрододержателей, рабочего стола и электродов. В комплект высокочастотной установки входит также устройство для устранения радиопомех.

Основные показатели промышленного оборудования приведены в таблице 4. Как видно из данных таблицы, к настоящему времени освоено производство шовных сварочных машин и сварочных прессов.

На сварочной машине ЛГС-02 листовой винипласт, пластифицированный поливинилхлорид, полиамиды, полиметилметакрилат и другие термопластические массы свариваются непрерывным швом при прокатывании между двумя вращающимися электродами-роликами, к которым подводится электрический ток высокой частоты.

Напряжение высокой частоты создается в ламповом генераторе высокочастотной установки, смонтированной в сварочной машине. ЛГС-02 обеспечивает прочные и герметические швы. Винипластовые листы, эластичные пластика-

Таблица 4

Промышленное оборудование для сварки пластмасс токами высокой частоты

	Шовные машины		Сварочные машины	
	ЛГС-02	МСТ-3М	ЛГСП-0,4	ЛГС-1,5
Максимальная потребляемая мощность, <i>вт</i>	1100	1000	2000	4000
Напряжение питающей сети, <i>в</i>	220	220	220	220
Количество фаз сети, <i>шт</i>	1	1	1	1
Максимальный ток, потребляемый из сети, <i>а</i>	5	2	9	—
Максимальная колебательная мощность, <i>вт</i>	300	—	450	1500
Номинальная колебательная мощность, <i>вт</i>	200	—	400	1400
Частота, <i>мгц</i>	39+1	39+1	39+1	38+40
Максимальный анодный ток, <i>ма</i>	300	—	400	500
Скорость подачи материала, <i>м/мин</i>	0,5—3	3	1,4—4,5	—
Ширина шва, <i>мм</i>	1,5—6	2—6	1,5—4	1,5—4
Максимальная длина электродов при ширине шва в 2 <i>мм</i> , <i>мм</i>	—	—	450	500
Максимальная площадь электродов, <i>см²</i>	—	—	10	10
Давление, <i>кг</i>	—	—	5—60	5—60
Габариты машины, <i>мм</i> :				
длина	1100	1100	950	950
ширина	700	700	600	600
высота	1200	1200	1200	1200

ты и другие термопластические массы свариваются швами внахлестку как со скосом, так и без скоса кромок. Угол снятия фасок обычно составляет 45°.

Если делают шов без снятия фасок, необходимо следить, чтобы электроды-ролики все время находились на кромках деталей. Скорость сварки термопластических масс на ЛГС-02 может быть доведена до 3 *м/мин*. Ширина шва, исходя из конструктивных соображений, чаще всего берется равной 2—3 *мм*, но при необходимости может устанавливаться от 1,5 до 6 *мм*.

Сварочная машина МСТ-3М предназначена также для роликовой сварки пластических материалов. На ней произ-

водится роликовая сварка токами высокой частоты пленочных и листовых пластических масс со скоростью 3 м/мин, при ширине сварного шва от 2 до 6 мм. Сварка выполняется внахлестку без скоса кромок. Конструктивно машина МСТ-3М сходна с машиной ЛГС-02.

Максимальная мощность, потребляемая от сети, у обеих машин весьма незначительна, что обеспечивает их широкое внедрение любым предприятием, производящим изделия из пластических масс.

Сварочный пресс ЛГСП-0,4 предназначен для прессовой сварки пленок и листов из винилпласта, полиамидов, а также тканей с покрытием и пропиткой из термопластиков. Работает пресс по методу параллельной обработки изделий сваркой токами высокой частоты.

Отдельные элементы и узлы различных изделий свариваются токами высокой частоты при помощи склеенных электродов, каждый из которых предназначен для образования сварных швов определенной конфигурации и размера. Иногда верхний электрод имеет две рабочие части, одна из которых производит резку, а вторая — сварку. При работе таким электродом резка производится при включенном сварочном токе одновременно по всему периметру свариваемых деталей. Сварка ведется также по всему периметру деталей одновременно с резкой. Форма таких электродов обычно соответствует форме сварных швов, а прессовая резка и сварка выполняются за один рабочий ход верхнего электрода. Для предохранения режущей части электрода от затупления на нижний электрод кладут листовую пресс-шпан толщиной до 1 мм. При опускании в конечное положение режущая кромка верхнего электрода не доходит до металла, а лишь незначительно вминает пресс-шпан.

Состоит сварочный пресс из собственно пресса с pedalным приводом, обеспечивающим максимальное давление на свариваемый материал до 60 кг, и генератора тока высокой частоты, смонтированного в его станине.

Пресс имеет pedalный привод и рычажную систему с грузом, предназначенную для создания необходимого давления на свариваемый материал. Перемещением груза это давление может регулироваться в пределах 6—60 кг.

При давлении на электроде в 60 кг сила нажатия на pedal включения сварочного пресса не превышает 8 кг. Сменные электроды устанавливаются в специальном держателе. Конструкция замка держателя обеспечивает быст-

рую и удобную смену электродов. Для обеспечения прилегания рабочей поверхности верхнего электрода к рабочей поверхности нижнего электрода последний закреплен шарнирно, и его положение по отношению к рабочей поверхности верхнего электрода регулируется винтами, расположенными под столом сварочного пресса. На сварочном прессе ЛГСП-0,4 свариваются пластические массы толщиной от 0,1 до 5 мм. Высокочастотная сварка обычно производится швами внахлестку или накладными без скоса кромок под сварку. В целях обеспечения сварки пластических масс, имеющих толщину более 6 мм, производится соединение деталей швами внахлестку со скосом кромок.

Оптимальное удельное давление на поверхность свариваемого материала для поливинилхлоридовых пластиков составляет 4—4,5 кг/см². Для полиамидов, винилпласта и других материалов без пластификата требуется более высокое давление, которое обычно составляет 7—10 кг/см². Время сварки регулируется для каждой конструкции электрода в зависимости от толщины и сорта материала с помощью реле времени, укрепленного на станине сварочного пресса.

Реле времени отградуировано от 0,3 до 30 сек через интервал в 0,5 сек, и от 30 сек до 1 мин через интервал в 5 сек.

Работа на сварочном прессе производится в следующей последовательности.

Сварочный материал помещается между электродами сварочного пресса, затем нажатием на pedal производится опускание верхнего электрода. После этого кнопкой «пуск», расположенной на переднем щитке, включается анодное напряжение, при этом загорается сигнальная лампа. После того как сигнальная лампа погаснет, производится нажатие на pedal, а затем сваренная деталь снимается или перемещается для сварки последующего участка.

По мере прогрева электродов время сварки несколько уменьшается.

Выдержка для сварки подбирается опытным путем.

Чтобы не было ожогов, прикасаться к электродам в течение всего промежутка времени, когда горит сигнальная лампа, воспрещается. Нужно также следить за тем, чтобы при опускании верхнего электрода в конечное нижнее положение руки рабочего не попадали под электрод.

Менять лампы или производить какие-либо ремонтные

работы без предварительного отключения установки от питающей сети; а также замыкать блокировочные контакты посторонними предметами нельзя.

Промышленное оборудование для сварки пластмасс токами высокой частоты изготавливается на базе ламповых высокочастотных установок. Как известно, термопластические массы свариваются при частоте выше 10 мГц, поэтому машинные генераторы, производимые только на частоту до 10 мГц, непригодны. Для устройства промышленных сварочных машин применяют ламповые высокочастотные установки ЛГД-1, ЛГЕ-3Б, ЛГЕ-3, ЛГД-10А, ЛГД-10, ЛГД-06.

Установка ЛГД-1 представляет металлический шкаф на катках, внутри которого помещен ламповый генератор с питанием анодов ламп переменным током.

Установка экранирована, т. е. защищена от излучения радиопомех. Экранирование обеспечивается наличием подвижных контактов по периметру дверей, лабиринтом на крышке и электрофильтров в схеме. В верхнем отделении установки помещены две генераторные лампы (тип ГУ-80), детали колебательного контура и обратной связи. В нижнем отделении шкафа размещены два трансформатора — анодный и накала ламп, вентилятор, два реле — времени и промежуточное, предохранитель и пускатель.

Подвод к установке напряжения от однофазной сети в 220 в осуществляется через заднюю стенку шкафа, где имеется отверстие, снабженное изоляционной втулкой.

Во время сварки максимально допустимая величина анодного тока — 0,5 а. Величина сеточного тока — от 0,15 до 0,2 а. Режим нагрева сварных швов регулируется индуктивностью обратной связи.

Другую высокочастотную установку ЛГЕ-3Б, наиболее широко применяемую при устройстве высокочастотных сварочных машин, можно использовать для нагрева различных диэлектриков и монтажа оборудования для сварки термопластических масс токами высокой частоты.

На указанных сварочных машинах с успехом производят роликовую, прессовую и точечную сварку.

Техническая характеристика высокочастотной ламповой установки ЛГЕ-3Б приведена в таблице 5.

Как видно из данных таблицы, установка может работать от сети напряжением в 220 и 380 в.

В некоторых конструкциях сварочных машин применяются высокочастотные установки ЛГ-1, ЛГЕ-3, ЛГД-10 и ЛГД-10А. Они предназначены для нагрева диэлектриков

Таблица 5

Техническая характеристика высокочастотной установки ЛГЕ-3Б

Наименование	Величина
Максимальная мощность, потребляемая от сети, <i>квa</i>	5
Номинальная колебательная мощность, <i>квa</i>	2
Рабочая частота, <i>мгц</i>	25—30
Максимальный допустимый анодный ток, <i>а</i>	0,9
Максимальный допустимый сеточный ток, <i>а</i>	0,29
Напряжение трехфазной питающей сети, <i>в</i>	220—380
Площадь рабочего конденсатора, <i>мм</i>	200×275
Максимальное расстояние между пластинами, <i>мм</i>	90
Расход воды на охлаждение лампы, <i>л/мин</i>	2,5
Расход воздуха на охлаждение лампы, <i>м³/час</i>	60
Вес установки, <i>кг</i>	450

токами высокой частоты. Технические характеристики высокочастотных установок приведены в таблице 6.

Таблица 6

Технические характеристики высокочастотных установок для оборудования по сварке пластических масс (роликовой, точечной, прессовой)

Наименование	Высокочастотные установки			
	ЛГ-1	ЛГЕ-3	ЛГД-10	ЛГД-10А
Максимальная мощность, потребляемая из сети, <i>квa</i>	2,4	6	17,5	17,5
Напряжение питающей сети, <i>в</i>	220	220—380	220—380	220—380
Число фаз, <i>шт</i>	1	1	3	3
Номинальная выходящая мощность, <i>квт</i>	1	3	—	—
Частота, <i>мгц</i>	25—30	10	21—25	21—25
Размеры нагревательного конденсатора:				
площадь пластин, <i>мм</i>	200×200	220×275	подставляется отдельно	
Наибольшее расстояние между пластинами, <i>мм</i>	50	90		
Количество генераторных ламп, <i>шт</i>	2	2	2	2
Вес установки, <i>кг</i>	125	800	750	750

Технология сварки

Высокочастотный нагрев основан на принципе преобразования электрической энергии в ее эквивалент тепловой энергии. Потери энергии и температурные перепады при

этом минимальны, так как преобразование происходит по всей массе материала, подвергающегося воздействию тока высокой частоты.

Нагревание идет очень быстро и относительно равномерно.

Под действием высокочастотного электрического поля, направление которого меняется несколько миллионов раз в секунду, молекулы в материале подвергаются периодическим толчкам, что вызывает разогрев. Отсюда количество тепла, возникающего в пластмассе, прямо пропорционально мощности высокочастотных колебаний, воздействию которых оно подвергается.

Вид материала и его электрическая характеристика, известная под названием «коэффициента потерь», в значительной степени влияют на напряжение и частоту. К счастью, большинство пластмасс так же, как и других применяемых диэлектрических материалов, имеет достаточно высокий коэффициент потерь, поэтому для сварки токами высокой частоты применяется электрический ток невысокого напряжения и частоты.

Из-за тепловой радиации диэлектрически нагретая пластмасса имеет более высокую температуру в центре нагреваемой поверхности и меньшую температуру в периферийных частях. Это различие температуры и является, очевидно, причиной того, что диэлектрический нагрев иногда называют процессом «нагрева изнутри». Поскольку металлические электроды и внешняя поверхность материала сравнительно холодные, в то время как внутренние поверхности нагреваются до температуры плавления, выдавливания материала не происходит, и шов не требует дополнительного охлаждения. Основным преимуществом высокочастотной сварки является ее скорость. Второе ее преимущество в отсутствии резких перепадов температуры, что уменьшает вероятность разрушения структуры материала в результате перегрева и тем самым обеспечивает возможность сокращения циклов.

Большинство пластмасс можно сваривать токами высокой частоты, однако некоторые из них с относительно малым коэффициентом потерь, как, например, полиэтилен и полистирол, для такого вида сварки не пригодны.

Если в оборудование для высокочастотной сварки внести соответствующие изменения, то можно сваривать и полиэтилен. Для этого электроды покрывают материалом

с высоким коэффициентом тепловых потерь. Такой материал должен выдерживать, не подвергаясь значительной деформации, температуру до 130°. Это, в основном, термостойчивый целлофан, ацетилцеллюлоза и некоторые виниловые пластмассы. Диэлектрическое тепло, возникающее в покрытии пластин, передается полиэтилену за счет теплопроводности.

Оптимальная толщина слоя теплопередающего покрытия составляет 0,05—0,15 мм. Практически эксплуатационный срок таких покрытий зависит от толщины свариваемой пленки, конструкции оборудования и ряда других факторов. Однако практика показала, что такой срок достаточно длителен и в большинстве случаев приемлем с точки зрения выполнения сварки в промышленных условиях. С помощью высокочастотной сварки получают прочные соединения.

Поскольку пластмассы-диэлектрики несовершенные, то при внесении их в высокочастотное электрическое поле элементарные заряды несколько смещаются, а небольшое количество имеющихся свободных зарядов образует ток проводимости. На смещение заряженных частиц затрачивается определенная работа, которая превращается в тепло из-за «молекулярного» трения между материальными частицами. Каждое изменение направления электрического поля влечет за собой выделение некоторого количества тепла. Поэтому для интенсификации процесса сварки пластмасс применяются токи высокой частоты в пределах 30—40 мГц, а для сварки винилпласта—60—70 мГц.

Сварка пластмасс происходит по линии, расположенной непосредственно под электродами. Токи высокой частоты нагревают пластмассы до температуры вязкотекучего состояния, а давление, приложенное к электродам, создает тесный контакт между свариваемыми поверхностями. Сварка производится без присадочного материала.

Мощность, обеспечивающая процесс сварки и выделяющаяся в материале в виде тепла, состоит из мощности, расходуемой непосредственно на нагрев самого материала (полезная мощность), и мощности, теряемой за счет теплоотдачи холодным электродам. Полезная мощность зависит от толщины нагреваемого материала и времени нагрева. Процесс сварки будет наиболее экономичным при толщине материала 0,3—2,5 мм. При толщине материала меньше 0,3 мм значительная часть выделившегося тепла расходуется бесполезно на нагрев электродов рабочего конден-

сатора, между которыми расположен свариваемый материал.

Прочность сварного соединения составляет почти 100% от прочности основного материала. Производительность сварки токами высокой частоты в 5—10 раз выше производительности других способов сварки.

Но в связи с тем, что свариваемые изделия необходимо помещать между рабочими пластинами-электродами, конфигурация которых должна соответствовать форме изделия, сварку токами высокой частоты целесообразно применять только для больших партий однотипных изделий. Сварка токами высокой частоты находит наиболее широкое использование при изготовлении изделий из полихлорвинилового пластика для бытовых нужд. Кроме того, она применяется в машиностроении и при изготовлении некоторых тонкостенных деталей. Токами высокой частоты свариваются трубы из винипласта, продольные швы труб, свариваемых из листов винипласта. Кольцевые швы выполняются в стык в специальных разъемных электродах, представляющих медные или латунные полукольца, изолированные друг от друга. Электроды вместе с закрепленными в них свариваемыми трубами устанавливаются в специальный пресс, где после достижения соответствующей температуры трубы сжимаются вдоль оси и свариваются по стыку.

Области применения высокочастотной сварки

Сварка термопластических масс токами высокой частоты является самым производительным и экономичным способом изготовления конструкций и изделий. Опыт показывает, что наибольший эффект достигается при комплексной автоматизации и механизации сборочных и сварочных работ. Сварка термопластических масс токами высокой частоты открывает в этом направлении большие возможности. Здесь во многих случаях могут быть созданы высокопроизводительные сборочные машины, которые затем легко объединить в поточные, а иногда и в автоматические линии.

Опыт цеха пластмасс завода Ростсельмаш говорит о том, что сварка токами высокой частоты является самым эффективным производственным процессом, к преимуществам которого относится экономия основных и вспомогательных материалов, механизация и автоматизация выпол-

нения работ, улучшение условий и увеличение производительности труда, улучшение качества готовой продукции, увеличение долговечности и снижение стоимости конструкций и изделий. Кроме того, снижается время на подготовку обслуживающего персонала и уменьшаются средства, затрачиваемые на строительство и организацию цехов.

Все это открывает перед высокочастотной сваркой большие перспективы. Она коренным образом меняет технологический процесс производства конструкций и изделий и продолжает быстро внедряться во многие отрасли промышленности, в строительство, сельское хозяйство, производство транспортных средств и бытовых изделий.

Кроме высокой производительности, полностью устраняется расход вспомогательных материалов (воздуха, водорода, азота, ацетилен, клея, растворителей пайки и др.), а также расход присадочного материала. Отпадает необходимость готовить поверхности деталей под сварку.

Стоимость сварочных работ при высокочастотной сварке по сравнению с другими методами соединения деталей, а также другими способами сварки, самая наименьшая. Если принять стоимость работ способом склеивания за 100%, то при сшивании деталей из термопластических масс стоимость работы составит 95%, с газовыми теплоносителями—92%, газопламенная сварка—90%, контактным нагревом—75%, и при сварке токами высокой частоты стоимость составит 65%.

При помощи токов высокой частоты производится сварка деталей суммарной толщиной 2—3 мм. Но это не предел. Пока еще нет разработанных конструкций оборудования для сварки пластмасс больших толщин.

К недостаткам следует отнести то, что не все термопласты свариваются этим способом. Так, например, для сварки полиэтилена необходимо в соединения вводить полоску полихлорвинила, который, являясь меньшим диэлектриком, нагревается токами высокой частоты и, передавая тепло полиэтилену, доводит его до температуры сварки. С помощью ТВЧ трудно осуществить сварку угловых, стыковых и тавровых соединений, так как в этом случае трудно обеспечить равномерность прогрева. Значительным недостатком является также наличие высокого напряжения на электродах, что представляет опасность для обслуживающего персонала.

Кроме того, использование ТВЧ всегда связано с радиопомехами, для устранения которых необходимы защитные кожухи или специальное помещение.

СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Пластмассовые покрытия на поверхности металлических деталей и других конструкций можно наносить различными методами.

Вот некоторые из методов нанесения пластмассовых покрытий, внедренных на Новочеркасском электродном заводе и заводе «Нефтемаш».

Способ обкладки. Покрытие металлических листов пластиком (плакирование) приобретает все большее распространение. Проводится оно пленочными материалами или пластизолями поливинилхлорида. Применяют также дисперсное плакирование полиэтиленом при помощи пистолета-распылителя.

Для плакирования используют листы и полосы толщиной 0,3—2,0 мм. Толщина слоя пластика — 0,1—0,3 мм.

Пластик может наноситься как с одной, так и с обеих сторон листа. Производительность непрерывной линии по плакированию полос шириной 1200 мм достигает 20 м/мин.

Листы и полосы, покрытые термопластом, обладают высокой антикоррозионной стойкостью, электроизоляционными свойствами, хорошим внешним видом и хорошими эксплуатационными свойствами. Их можно соединять клепкой, склеиванием, фальцеванием и сваркой, придавать им различную окраску, а также рисунок, имитирующий дерево, кожу, ткани. Плакированные листы и полосы используют для внутренней отделки автомобилей, вагонов и т. д. Стальные плакированные листы могут подвергаться глубокой вытяжке без повреждения поверхности.

Быстрая теплоотдача стального листа позволяет пластмассовому покрытию (теплостойкость которого обычно достигает 70—80°) выдерживать температуру 150° и более.

Технологический процесс получения плакированных листов и полос состоит из следующих основных операций: очистки, химической обработки поверхности для обеспечения лучшего сцепления, нанесения на поверхность клеящего вещества, нанесения покрытия.

Наиболее производительным является способ нанесения пленки из рулона на рулонную стальную полосу. В

этом случае производительность линии достигает 60—90 м/мин. При нанесении покрытия на отдельные листы производительность линии ниже.

Чтобы обеспечить хорошее сцепление пленки с металлическим листом, удельное давление должно быть равным 3—4 кг/см². Металлические листы и полосы чаще всего плакируют поливинилхлоридной пленкой. В других случаях, например для обкладки кабелей, обычно применяют поливинилхлорид в порошке.

Порошок загружают нагретым до температуры 120—130° в камеру шнекового пресса. Цилиндрическая поверхность пресса во время работы имеет температуру 130—160°. Нагрев производится обычно паром или горячей водой, подаваемой под давлением. Температура рабочей головки и рабочего мундштука шнекового пресса в процессе обкладки при помощи электронагрева поддерживается на уровне 170—190°.

Провод, подлежащий обкладке, пропускают через специальную направляющую втулку и канал мундштука. Термопластическая масса подается по каналу шнека в корпус головки, а затем в рабочее отверстие мундштука, где и производится обкладка. Скорость движения провода может достигать 15 км/час. Толщина покрытия равна зазору в мундштуке между проводом и рабочей стенкой сопла мундштука.

Затем кабель проходит через охлаждающее устройство. Соединение частиц термопластических масс по описанной технологии тем прочнее и качественнее, чем постоянное поддерживается температура в мундштуке и головке пресса.

По указанной технологии можно производить обкладку всевозможных деталей и конструкций, работающих в агрессивных средах, деталей каркасов гальванических ванн и т. д.

Вместо хромированных и никелированных труб целесообразно применять трубы, покрытые слоем пластика. Наиболее стойким является покрытие на основе эпоксидных смол ЭД-5 или ЭД-6. Трубы должны быть очищены от ржавчины металлическими щетками или другими способами и обезжирены растворителем (ацетон, дихлорэтан).

Для нанесения покрытий и их отверждения разработан специальный аппарат. В полимеризационном барабане аппарата имеется восемь центров, в которые зажимаются трубы длиной 2 м, диаметром 30 мм. После зажима очеред-

ной трубы между центрами на нее наносят с помощью приспособления (через щель) эпоксидный состав, который при вращении трубы распределяется ровным слоем на ее поверхности. Вращающиеся с небольшой скоростью (10—12 об/мин) трубы одновременно прогреваются лампами инфракрасного излучения, установленными с четырех сторон аппарата. Температура на поверхности труб достигает 90—100°. Продолжительность первичной полимеризации 30 мин. Затем трубы в течение двух суток выдерживаются в теплом складе, где полностью полимеризуются. В результате получается твердое покрытие, прочно сцепленное с поверхностью трубы и обладающее износостойкостью и хорошим декоративным видом.

Газопламенное напыление. Нанесение полимеров на металлические и другие поверхности способом газопламенного напыления применяется на многих предприятиях автомобильной, машиностроительной, химической и пищевой промышленности.

Сущность процесса заключается в том, что наносимый под действием сжатого воздуха материал в виде мелкого порошка пропускается через ацетиленовую пламя горелки. Частицы материала нагреваются и размягчаются до вязкотекучего состояния. Попадая на подогретую поверхность, они сцепляются с ней и одновременно сплавляются между собой, образуя сплошное покрытие.

Аппаратура и оборудование

Нанесение пластических масс на поверхности конструкций и изделий обычно производится на специальных установках.

В таблице 7 приведена аппаратура для газопламенного напыления. С ее помощью можно производить газопламенное напыление различными пылевидными и порошкообразными пластмассами.

Во всех установках питательные бачки помещаются на металлических стойках. Здесь же укреплены шитки с приборами для регулирования и контроля процесса. Распылительные горелки представляют собой легкие ручные приборы.

Установка УПН-1 служит для нанесения термопластических масс с температурой плавления не выше 500°. Для работы установки требуется сжатый воздух и горючий газ. Сжатый воздух производит подачу порошкового материала

в горелку, образует горячую воздушно-ацетиленовую смесь, а также приводит в движение установленный на питательном баке вентилятор.

Давление сжатого воздуха в сети должно быть не менее 3—6 кг/см², расход—не выше 15—20 м³/час.

Таблица 7

Аппаратура для газопламенного напыления

Установка	Комплектовка		Назначение установки
	питательный бачок	распылительная горелка	
УПН-1	ППН	АПН	Нанесение покрытий из термопластических масс. Возможно также нанесение покрытий из легкоплавких металлов и сплавов с температурой плавления не выше 500°.
УПН-4С	ППН-4С	ГЛН-4С	Напыление пылевидных термопластических масс, отличающихся особо плохой сыпучестью.
УПН-4У	ППН-4	ГЛН-4) ГТН-4)	Нанесение пластмасс и металлов.
УПН-3Т	ПНН-3	ГТН-3 ГЭ-1	Нанесение покрытий из материалов с температурой плавления в пределах 500—1200°. Кроме металлов, можно производить напыление стеклокерамических материалов. Ремонт мелких дефектов эмалевых покрытий. Специализированная горелка для нанесения покрытий из стеклокерамических материалов.

Рабочее давление горючего газа—ацетилена—должно быть не ниже 50 мм водяного столба, расход—250—300 м³/час.

Установка УПН-1 состоит из аппарата для порошкового напыления (АПН) и устройства для подачи в аппарат порошкового материала—порошкового питателя (ППН). Аппарат для порошкового напыления представляет собой небольшой ручной прибор (весом 1,1 кг), корпус которого выполнен из алюминиевого сплава.

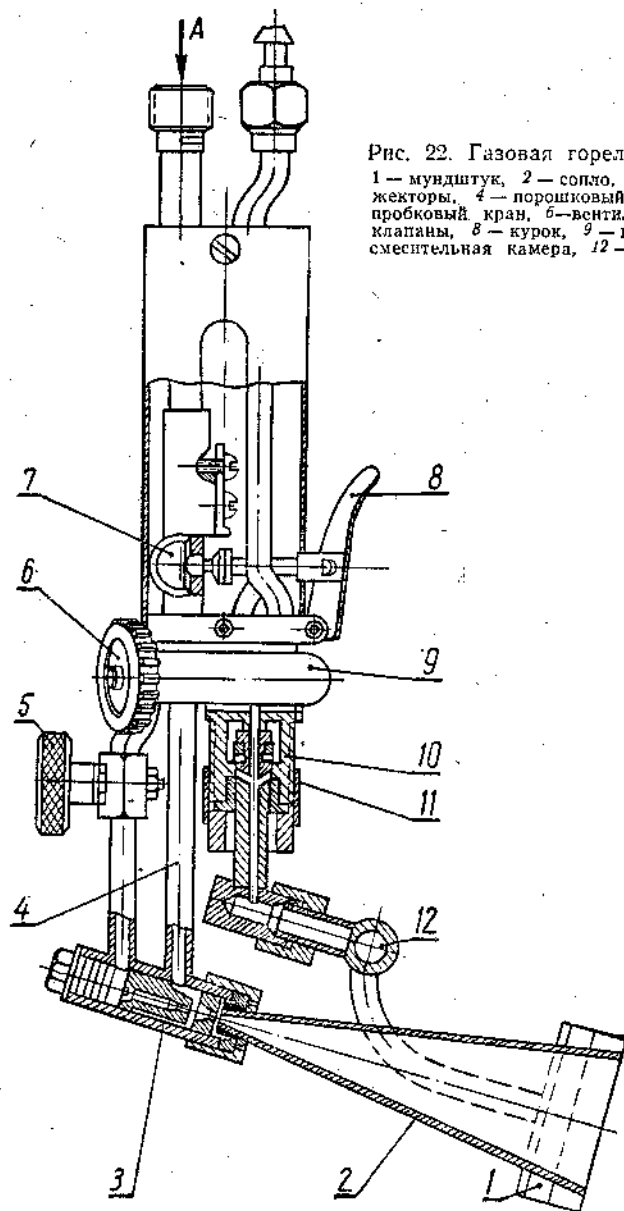
Установки УПН-4С и УПН-4У по конструкции аналогичны с установкой УПН-1, зарекомендовавшей себя на механическом заводе № 5.

Технические характеристики установок для газопламенного напыления пластмасс приведены в таблице 8.

В настоящее время выпускается установка УПН-4Л, заменившая менее совершенную установку УПН-1.

Рис. 22. Газовая горелка ГЛН-4:

1 — мундштук, 2 — сопло, 3 и 10 — инжекторы, 4 — порошковый канал, 5 — пробковый кран, 6 — вентиль, 7 и 13 — клапаны, 8 — курок, 9 — горелка, 11 — смесительная камера, 12 — наконечник.



Установка УПН-4Л состоит из питательного бака ППН-4, горелки для напыления пластиков ГЛН-4 (рис. 22), стойки со щитом, на котором установлены регуляторы движения и манометры соединительных шлангов для подключения к баллону с ацетиленом и к сети сжатого воздуха.

В последнее время выпускается установка УПН-6. Ее вес и габаритные размеры меньше.

Техническая характеристика установки УПН-4Л

Габаритные размеры, мм	410×450×1120
Общий вес установки, кг	30
Емкость питательного бака, л	3,25
Степень измельчения порошка, мм	0,15—0,25
Температура плавления порошков, град	до 500
Масса распылительной горелки, кг	1,2
Давление воздуха в сети, кг/см ²	3,6
Суммарный расход воздуха, м ³ /мин	0,2—0,25
Давление ацетилена, мм. вод. ст.	не ниже 50
Расход ацетилена, л/час	250—300
Ширина поверхности, покрываемой струей, мм:	
при напылении через плоское стекло	65—70
при напылении через стекло цилиндрическое	15—20
Средняя производительность установки, кг/час	2,5

ВНИИавтогенном разработана конструкция горелки, работающей на природном газе. Таким образом, во многих случаях можно исключить применение ацетилена.

Технологический процесс напыления

Для покрытий, наносимых способом газопламенного напыления, применяют следующие полимерные материалы: полиэтилен, полипропилен, композицию поливинилбутирала, фенольной смолы, ПФН-12, ТПФ-37, поливинилбутираль, фторопласты, полистирол, полиакропролактан, твердую эпоксидную смолу с отвердителем ЭДЛ и модифицированный битум.

Основными требованиями к порошкообразным материалам, используемым для газопламенного напыления, являются:

а) сыпучесть, обеспечивающая равномерную подачу порошка к горелке,

б) влажность не выше 2%,

в) соответствующий гранулометрический состав — размеры частиц 0,15—0,25 мм. Более мелкие частицы подвержены выгоранию, более крупные — плохо оплавляются,

г) способность плавиться и в расплавленном состоянии смачивать покрываемую поверхность и образовывать на

Таблица 8

Техническая характеристика установок для газопламенного напыления
пластических масс

Показатели	Тип установки			
	УПН-1	УПН-4С	УПН-4У	
			горелка ГЛН	горелка ГТН
Габаритные размеры, мм	490 × 490 × 1300	410 × 450 × 1120	410 × 450 × 1120	410 × 450 × 1120
Общий вес со шлангами, кг	40	30	30	30
Вес горелки, кг	1,1	1,4	1,2	1,5
Емкость питательного бачка, кг	8,5	7,5	7,5	7,5
Степень измельчения применяе- мого порошка, мм	0,15— —0,25	до 0,2	0,14— —0,25	0,07— —0,15
Температура плавления порош- ка, град	60—500	50—500	до 500	500—1200
Давление воздуха в сети, кг/см ²	3—6	3—6	3,6	3,6
Рабочее давление возду- ха, кг/см ²	1,5—2,0	1,5—2,0	2,0—2,5	2,0—2,5
Суммарный расход воздуха при давл. 2 кг/см ²), м ³ /час	15—20	12—15	12—15	20—24
Давление ацетилена, мм вод. ст.	не ниже 50	не ниже 50	не ниже 50	не ниже 50
Расход ацетилена, л/час	250—300	250—300	250—300	до 1700
Ширина поверхности, покры- ваемой за один проход, мм	25—40	25—40	65—70	30—35
Производительность при напы- лении пластмасс на толщину 0,3 мм, м ² /час	2,5	2,7	3,0	3,0
Давление кислорода, кг/см ²	—	—	—	3—3,5
Средняя пропускная способ- ность по количеству напы- ляемого материала, кг/час:				
при напылении пылевидно- го полиэтилена ОХК	—	1—1,2	—	—
при напылении полиэтиле- на с частицами 0,15—0,2	—	2,5	2,5	1,5
Расход кислорода, л/час	—	—	—	до 1900

Таблица 9

Неполадки в работе установки УПН-1 и способы их устранения

Неполадки	Причина	Способ устранения
Быстро напол- няется порош- ком стеклянный сосуд	Неправильно установ- лено кольцо редуктора	Увеличить щелевид- ные отверстия под виб- ратором
Нет порошковой струи или не- равномерная по- дача	Ухудшилась сыпу- щество порошка от сле- живания или увлажне- ния	Перезарядить бак про- сеем, рыхлым и су- хим порошком
При зажигании аппарата пламя гаснет	Засорен порош- ковый инжектор или ка- нал в аппарате Нет герметичности в соединении газового сопла с корпусом	Прочистить и продуть каналы и инжектор Устранить неплотности соединения
	Засорен газовый ин- жектор или газовая ком- муникация	Произвести осмотр и очистку инжектора и га- зовых каналов. Прове- рить разрежение в газо- вом канале, которое при давлении сжатого возду- ха 2 кг/см ² должно быть 180—200 мм
Пламя отры- вается	Повышенное давле- ние воздуха Засорено выходное отверстие в газовом на- конечнике головки	Снизить рабочее дав- ление воздуха Прочистить оба ряда выходных отверстий

ней при остывании хорошо сцепленное сплошное покрытие. При этом температура расплавления должна быть более низкой, чем температура деструкции.

Неполадки работы установок УПН-1 и УПН-4С и спо-
собы их устранения даны в таблицах 9, 10.

Поверхность, на которую наносят покрытие, должна
удовлетворять следующим требованиям:

быть сухой, чистой и обезжиренной; обеспечивать хоро-
шее сцепление покрытия с подложкой; быть открытой, и

Таблица 10

Неполадки в работе установки УПН-4С и способы их устранения

Неполадки	Причина	Способ устранения
Неравномерная или пульсирующая подача	Засорена смесительная камера в бачке вследствие избыточного просыпания порошка сквозь сито 1 Засорен воздушный порошковый инжектор в горелке	После разборки и чистки уменьшить вибрацию бачка Разобрать и прочистить
Недостаточная подача материала, низкая насыщенность порошковой струи	Применение влажного порошка и его комкование Сетка сита 1 слишком мелка — порошок плохо просеивается Неудовлетворительная работа порошкового инжектора в питательной бачке (слабая интекция) Неправильно установлен рассекатель на центральной трубке бачка	Просушить и обязательно просеять порошок перед загрузкой бачка Заменить сито 1 более крупным, размер ячеек подбирают, сообразуясь со свойствами порошка Отрегулировать зазор между смесительной камерой и инжектором Увеличить зазор между трубкой и рассекателем
Отрыв пламени горелки	Засорение отверстий в мундштуках или в линии подачи ацетилена	Прочистить мундштуки распылительной горелки и ацетиленовые каналы
Отсутствует подсос ацетилена	Засорен воздушно-ацетиленовый инжектор	Прочистить инжектор, продуть воздушную коммуникацию. Проверить разрежение в ацетиленовом канале (нормальное разрежение 170 мм рт. ст. при давлении воздуха 2 кг/см ²)
Вспышка порошка в пламени	Избыток порошка в струе Недостаточная скорость порошковой струи	Уменьшить подачу порошка Повысить давление воздуха, подаваемого в порошковый инжектор горелки
Вибратор работает с перебоями	Пневматический клапан засорен или имеются неплотности в линии	Разобрать и очистить клапан, проверить герметичность линии

удобной для напыления; не иметь глубоких раковин, не зачищенных сварных швов, острых ребер, острых углов.

Чем больше радиус закругления углов, тем лучше ложится покрытие. На металлические конструкции с различными сечениями наносить покрытие весьма трудно из-за разной температуры нагрева по сечению.

Подготовленная к покрытию поверхность должна иметь температуру, равную температуре растекания напыляемого порошка или немного выше ее.

Ниже приведены примерные температуры нагрева поверхности в градусах для напыления полимерных порошков.

Полиэтилен низкого давления	200—250°
Полипропилен	180—200°
Поливинилбутираль	230°
Полистирол	225°
Полиакрилат	245—260°
Модифицированный битум	70—90°

Главным фактором, определяющим качество покрытия, является тепловой режим, т. е. период прохождения частиц полимера в пламени, температура пламени, температура напыляемой поверхности и температура оплавления нанесенного покрытия. Тепловой режим выбирается опытным путем.

Кроме полимерных порошков, можно использовать пластифицированные полимеры в пастообразном виде. Паста выходит из распыляющего сопла в виде мельчайших частиц и проносится через пламя горелки, образуя на поверхности сплошное покрытие. Пламя имеет цилиндрическую форму, что обеспечивает одинаковое время пребывания частиц полимера в пламени во время полета.

Покрытие, полученное таким образом, обладает высокими коррозионными свойствами и водостойкостью, прочно сцепляется с металлом, бетоном и деревом.

Сущность производственного процесса по нанесению пластических масс на поверхности конструкций и изделий сводится к следующему.

Порошок полимерного материала (полиэтилена, полипропилена и др.) укладывают в специальный приемник и перемешивают воздушным вибратором. Частицы порошка нагнетаются воздухом в пылевую камеру, из которой, увлекаемые воздухом, всасываются в пистолет и через пламя выбрасываются на поверхность покрываемых конструк-

ций и изделий. Проходя через пламя с большой скоростью, порошок успевает распыляться и, попадая на предварительно подогретую металлическую поверхность, прочно прилипает в виде пленки.

Регулирование количества полимерного материала, выходящего из пистолета (толщина пленки), производят с помощью воздуха, поступающего через обводной канал пистолета. Толщина напыленного слоя обычно составляет 0,5—1 мм.

При пользовании воздухом от воздушной сети его необходимо очищать, пропуская через специальные воздушные фильтры.

Для напыления термопластических масс на поверхности конструкций и изделий применяются установки УПН, разработанные «ВНИИ Автогеном» и внедренные на ряде заводов Ростовской области, в частности на НЭВЗе и Таганрогском комбайновом.

Порошковый материал в них захватывается выходящей из инжектора струей сжатого воздуха и вместе с ним по целевидному каналу выбрасывается наружу между струями горячей воздушно-ацетиленовой смеси. При этом пламя охватывает порошкообразную струю и вызывает нагрев частиц материала до пластического состояния.

Требуемое рабочее давление сжатого воздуха в сети — 3—6 ат, в аппарате — до 2 ат, расстояние пистолета до поверхности напыления должно быть 50—150 мм, ширина охватываемой поверхности за один проход при работе на установке УПН-4 составляет 25—40 мм. Суммарный расход сжатого воздуха при давлении 2 ат — 15 м³/час, ацетилен — 0,25—0,5 м³/час.

Для лучшей адгезии поверхность деталей подогреться.

Поверхности деталей конструкций и изделий предварительно должны быть подготовлены. Так, например, поверхности из стали горячего проката хорошо очищать песком на пескоструйных установках с последующим удалением пыли при помощи специального приспособления. Опыт показывает, что такой метод подготовки поверхности деталей конструкций и изделий обеспечивает хорошее качество напыленного слоя.

При нанесении покрытий на конструкции и изделия из стали холодного проката требуется удалить пыль с поверхности металла.

Напыление пластической массы широко используется

для выравнивания поверхности деталей перед нанесением лакокрасочных покрытий.

Для газопламенного напыления могут применяться только такие материалы, которые способны плавиться, и в расплавленном или размягченном состоянии смачивать покрываемую поверхность и образовывать на ней хорошо сцепленные сплошные покрытия.

Если материал этому требованию не удовлетворяет, качественные покрытия получить невозможно. Примером могут служить поливинилхлоридные смолы, которые при нагревании декстрируют раньше, чем переходят в плавкое состояние.

Обычно температура растекания, при которой расплавленный материал приобретает необходимую для напыления жидкотекучесть, значительно выше, чем температура плавления. Так, температура перехода в вязкотекучее состояние для полиэтилена Т-085 составляет 110°, а температура растекания равна 200°. Соответственно для полистирола температура перехода в вязкотекучее состояние составляет 100°, а температура растекания равна 225°.

Определение температуры растекания обычно производится нагреванием металлической пластины размером 5×100×1000 мм, в центре которой ровным слоем распределен 1 г порошка испытуемого материала.

Температура, при которой наблюдается быстрое образование жидкого пятна, называется температурой растекания. При этой температуре отдельные частицы почти мгновенно сливаются и образуют сплошной слой покрытия.

Наилучшим полимерным материалом для газопламенного напыления служит полиэтиленовый порошок.

Из всех выпускаемых марок полиэтилена только одна марка Т-085 изготавливается в виде порошка и поэтому является единственно пригодной для газопламенного напыления. Согласно паспортным данным полиэтилен Т-085 имеет следующую характеристику: прочность на растяжение — 155—157 кг/см², удлинение при разрыве — 618—572%, эластическая деформация — 1,42—1,51 мм, эластическое восстановление — 0,02 мм, насыпной вес — 152—156 г/л.

По внешнему виду полиэтилен Т-085 представляет собой непрозрачный, беловатого цвета, малосыпучий пушистый порошок, состоящий из частиц неправильной формы. При температуре 108—150° полиэтилен размягчается, а при 225° начинает разлагаться.

Напыление покрытий из полиэтилена не вызывает за-

труднений, так как момент оплавления порошка и его перегрев легко улавливаются. Оптимальной температурой поверхности является температура 200°, при которой полиэтилен обладает наиболее высокой текучестью. Для получения газопламенных покрытий пользуются как чистым полиэтиленом, так и различными композициями на его основе.

Так, например, для предохранения покрытий от растрескивания, вызываемого быстрым старением полиэтилена, находящегося под воздействием ультрафиолетовых лучей, в него рекомендуется добавлять 0,2—0,3% сажи. Введение 3% серебристого графита позволяет улучшить адгезию покрытия и уменьшить окисляемость некоторых стабилизаторов. В качестве стабилизатора обычно применяют паратретичную бутилфенольную смолу 101-Л (лакокрасочная), которую берут в количестве 3% к весу полиэтилена. Она легко измельчается и смешивается с пластиком.

Покрытия из полиэтилена и композиций на его основе используют главным образом для защиты от коррозии, а также в качестве диэлектрика для защиты от токов высокого напряжения или высокой частоты. Они резко увеличивают стойкость деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок при одновременном действии агрессивных сред. Для газопламенного напыления пользуются также эмульсионным полистиролом, мелким, сыпучим порошком.

Опыт показывает, что композиция полистирола, полиэтилена и серебристого графита дает лучшие результаты.

Так, для защиты деталей от агрессивных газов (детали вентиляторов, насосов) применяется следующий состав порошка: полиэтилен — 30%, полистирол — 35% и серебристый графит — 15%.

Области применения. На автомобильных заводах способом газопламенного напыления устраняют неровности автомобильных кузовов, заделывают сварные швы и т. п. Им успешно пользуются для заделки раковин, уплотнения соединений, герметизации. Полимерный порошок можно наносить способом газопламенного напыления на металлические листы, трубы и различные детали. Этот способ позволил заменить сравнительно дешевыми полимерами дорогие и дефицитные свинцово-оловянистые припои, а также улучшить условия труда.

Заводская практика показывает, что применение газопламенного напыления термопластов, по сравнению с дру-

гими методами нанесения покрытий из органических материалов, обладает некоторыми преимуществами.

1. Покрытия после напыления не требуют сушки, что позволяет сразу производить дальнейшую обработку изделий.

2. В отличие от распыления жидких лакокрасочных материалов при газопламенном напылении исходный материал находится в твердом состоянии, поэтому устраняется необходимость применения растворителей.

3. Термопласт при газопламенном напылении находится в горячем жидкотекучем состоянии, следовательно, всегда имеет лучшую адгезию в сравнении с лакокрасочными покрытиями.

4. Можно использовать такие полимеры, как этилен, полипропилен.

5. При образовании на покрытии каких-либо местных дефектов или повреждений можно легко их устранить, что имеет большое значение при ремонте.

Но газопламенный способ имеет ряд недостатков:

1. Покрытия наносятся вручную. Качество их зависит от опыта и умения оператора.

2. Нельзя наносить покрытия на лист с двух сторон.

3. Необходимость предварительно подогревать напыляемую поверхность до сравнительно высоких температур (200—250°), что затрудняет нанесение покрытий на металлические изделия толщиной 10—12 мм.

4. Значительные потери полимерного порошка в процессе напыления.

Экспериментально установлено, что в зависимости от выбранного давления воздуха скорость полета частиц порошковых пластиков (например, полиэтилена) составляет 35—55 м/сек. Следовательно, при расстоянии сопла пистолета от напыляемой детали в 60—100 мм время полета частиц чрезвычайно мало и равно 0,001—0,002 сек. Поэтому, несмотря на высокую температуру струи воздуха, прошедшей через пламя горелки (1000—1500°), частицы пластика нагреваются лишь в ограниченных пределах и их температура к концу полета не превышает 370—420°. При такой температуре частицы попадают на поверхность детали не в расплавленном, а только в размягченном состоянии и для растекания пластика необходимо одновременно подогревать деталь до 470—500° (в зависимости от марки пластика). Это основной недостаток метода газопламенного напыления и его аппаратного оформления. Кроме того,

эти установки имеют невысокую производительность: например, чтобы напылить 1 м² поверхности толщиной в 0,3 мм необходимо затратить около 0,5 часа.

Газопламенное напыление пластмасс — новый прогрессивный производственный процесс в сварочной технике. Он имеет большое практическое значение и по мере усовершенствования аппаратуры, а также увеличения ассортимента полимерных порошков, выпускаемых промышленностью, получит широкое распространение.

Вихревое напыление (способ окунания). На небольшие детали можно наносить полимерные покрытия способом так называемого вихревого напыления (метод окунания).

Заключается этот способ в кратковременном окунании предварительно нагретых деталей в порошкообразный полимер, находящийся в сосуде во взвешенном состоянии.

Порошок прилипает к нагретой детали и, оплавляясь, образует оплошное покрытие. Сжатый воздух поддерживает порошок во взвешенном состоянии и способствует проникновению порошка в труднодоступные места детали.

Простейший аппарат для нанесения покрытий в кипящем слое имеет несложную конструкцию и обычно изготовляется в заводских мастерских. Он имеет прямоугольное или круглое сечение, два дна — нижнее сплошное, а верхнее из микропористого материала, например из пористой керамики или пластмассы. На пористое дно насыпается слой порошка толщиной 100—150 мм.

Воздух или другой газ давлением 2—4 кг/см² подается под пористое дно, проходит через перегородку и равномерно распределяется по сечению сосуда. Над перегородкой образуется взвешенный слой частиц пластика. Деталь, нагретая выше температуры расплавления пластмассы, вводится на подвеске в сосуд и за короткое время равномерно облицовывается пластиком.

В настоящее время разработаны различные конструкции аппаратов в зависимости от формы покрываемых деталей и масштаба производства. Как правило, для покрытия тонкостенных металлических изделий на многих предприятиях Северо-Кавказского совнархоза применяются аппараты с подогревом воздуха и порошка до температуры ниже точки расплавления (например, для полиэтилена — 360—370°).

Так, внутренняя облицовка труб большой длины осуществляется в вертикальных аппаратах вихревого типа, а

облицовка внутренней поверхности цилиндрической тары — на специальной передвижной установке. В ней имеется механическое приспособление для вращения тары во время ее покрытия пластмассой.

В аппаратах вихревого типа взвесь порошка в воздухе не одится в движении и циркулирует вокруг или внутри подвешиваемого изделия, в аппаратах же кипящего слоя изделие погружается под постоянный уровень турбулизированной взвеси.

Установки для напыления в кипящем слое и установки вихревые позволяют наносить покрытия в короткое время (5—25 сек) на изделия любой формы. Однако при использовании таких установок в случае покрытия наружных поверхностей деталей могут остаться непокрытыми места закрепления детали на подвеске. Для их покрытия применяют метод газопламенного напыления (см. рис. 23).

Метод окунания заключается в том, что разогретую до

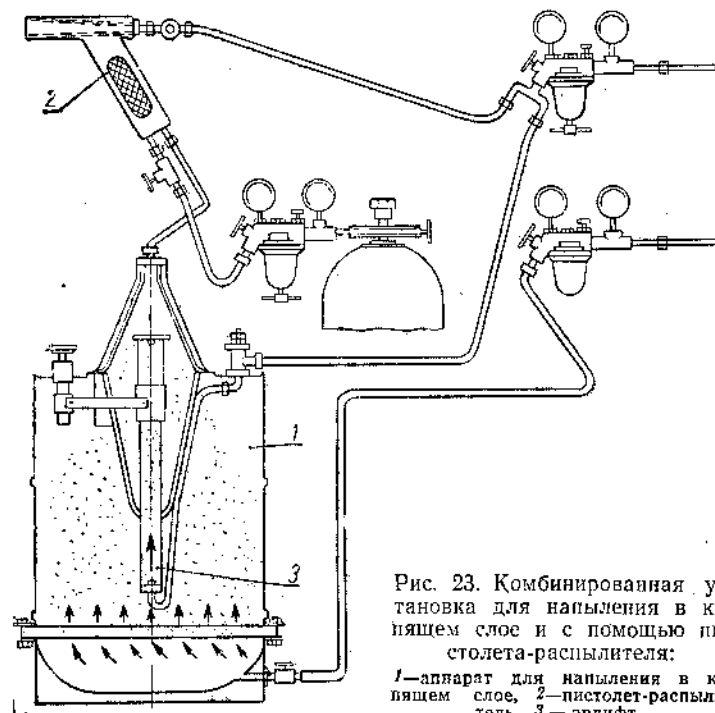


Рис. 23. Комбинированная установка для напыления в кипящем слое и с помощью пистолета-распылителя:

1 — аппарат для напыления в кипящем слое, 2 — пистолет-распылитель, 3 — эрлифт.

температуры примерно 250—300° металлическую деталь погружают в предварительно взрыхленный порошкообразный полимерный материал возможно более высокой дисперсности. Через 10—15 сек деталь со слоем полуплавленного порошка извлекают, затем на воздухе (за счет теплоотдачи от детали) слой полностью оплавляється и образует монолитную защитную корку. Иногда для более полного оплавления слоя применяют дополнительный прогрев покрытия пламенем сварочной горелки.

Если покрытия наносятся на тонкостенные металлические изделия (тонкостенные трубки, проволочные изделия и т. п.), их после окунаания загружают на 1,5—3 сек в нагретые до 300—350° термостаты, где и происходит оплавление частиц полимерного материала с образованием сплошного покрытия. Охлажденная деталь со слоем полимерного материала не требует никакой дополнительной обработки.

Для равномерного нанесения слоя и для проникновения порошка в труднодоступные участки детали (каналы, щели) в камеру рекомендуется подавать воздух для беспрепятственного взрыхления порошка. Наилучшие результаты достигаются при условии, если воздух подается через всю поверхность дна. Для этого дно устраивают из нескольких слоев тонких сит или микропористых перегородок. Иногда применяют капроновые ткани, уложенные в несколько слоев. Поверхность детали перед нанесением слоя должна быть тщательно очищена и обезжирена.

Температура нагрева обрабатываемой детали зависит от толщины ее массы, заданной толщины слоя покрытия и от термостойкости свойств пластика. Как правило, температура нагрева детали должна быть выше температуры плавления полимера и достаточной для полного расплавления налипшего порошка полимера после извлечения детали из камеры.

Изделия с тонкими стенками содержат недостаточный запас тепловой энергии и после выемки из аппарата нуждаются в дополнительном подогреве для оплавления покрытия.

Продолжительность выдержки изделия в аппарате вихревого напыления зависит от массы обрабатываемого изделия.

Так, если изделие, толщина стенки которого составляет 10 мм, нагреть до температуры 250° и выдержать в аппа-

рате в течение 20 сек, то толщина полимерного покрытия будет равна 0,6—0,7 мм.

Полиамидный порошок при соприкосновении с атмосферным воздухом окисляется, поэтому при его напылении рекомендуется пользоваться инертными газами: азотом или аргоном.

Преимущество вихревого способа по сравнению с газопламенным прежде всего в том, что он исключает пережог пластика, дает равномерный слой покрытия и совершенно исключает потерю порошка.

Способ суспензии

Большой практический интерес представляют защитные покрытия на основе фторопластов, обладающих хорошими диэлектрическими свойствами и особенно высокой химической стойкостью. Фторопластовые покрытия надежно защищают металлические детали и оборудование, работающее в условиях агрессивной среды, в частности в среде концентрированных кислот и щелочей.

В настоящее время успешно применяется в нашей стране и за рубежом технология нанесения покрытий из фторопласта-3 и фторопласта-4 способом суспензий.

Суспензия — белая или желтая непрозрачная легкоподвижная жидкость. Вязкость ее зависит от содержания в ней полимера и от природы стабилизатора. В выпускаемых суспензиях содержание фторопласта достигает 50—60% по весу. От содержания стабилизатора зависит также смачивающая способность суспензии. Наилучшей смачивающей способностью, как показала заводская практика, обладает суспензия, содержащая 8—12% стабилизатора.

Сущность способа заключается в том, что суспензию фторопласта-3, состоящую из тончайшего порошка полимера и органической жидкости, наносят на поверхность изделия. Нанесенный слой суспензии подсушивается вначале на воздухе, а затем в термопласте при 120—150°. В результате органический растворитель испаряется и на поверхности изделия остается тонкий слой сухого полимера, который затем оплавляют в монолитное покрытие нагреванием до 260—270° и с последующей выдержкой в течение 20—60 час. в зависимости от габаритов изделия.

Поверхность, на которую наносят полимер, должна быть тщательно очищена и обезжирена. Хорошие результаты

дает гидropескоструйная обработка поверхности с последующим обезжириванием растворителями.

Суспензию можно наносить различными способами: поливом, окунанием, кистью или с помощью пульверизатора. Но во всех случаях нанесенный слой должен быть равномерной толщины по всей поверхности.

Подтеки и утолщения удаляют кистью во время предварительной подсушки покрытия на воздухе. Для нанесения покрытий применять кисти не рекомендуется, так как они вызывают коагуляцию суспензии и появление пузырей в покрытии.

После оплавления одного слоя покрытия изделие охлаждают, затем наносят очередной слой. Однократное нанесение суспензии даст возможность получить слой покрытия толщиной всего 10—15 мк, который к тому же имеет многочисленные поры. Поэтому для получения сплошного покрытия требуется последовательное наложение до 10—16 слоев, что создает устойчивую антикоррозионную пленку толщиной 100—200 мк.

Попытки увеличить толщину покрытия за счет увеличения слоя суспензии не дали положительных результатов. Утолщенный слой при сушке растрескивается. Температура сушки должна быть не выше 80°.

Высушенное покрытие спекают при температуре 270—380°. Отдельные частицы при этом образуют однородную пленку, а стабилизатор испаряется. Продолжительность спекания зависит от толщины слоя. Например, при толщине 15 мк процесс спекания продолжается 5 мин.

После того как нанесен и оплавлен последний слой (обычно десятый), изделие подвергают закалке в холодной воде. Закалка уменьшает степень кристалличности полимера, повышает эластичность покрытия, не снижая его адгезии к металлу. При закалке мелкие изделия целиком погружают в бак с водой, а крупные охлаждают водяным душем.

Нанесение покрытий способом суспензий — сложный и низкопроизводительный процесс, поэтому применять его следует в случаях необходимости получения покрытий из фторопластов, так как вихревой и газопламенный способы в обычном виде не обеспечивают получения высококачественных покрытий из этих пластмасс.

На заводе Ростсельмаш применяют также способы облицовки металлических изделий шлаками, напрессование

готовых пластмассовых оболочек и так называемый литьевой способ.

Первым способом пользуются в основном для облицовки металлических резервуаров. После гидropескоструйной обработки стенки резервуара в 2—3 приема покрывают слоем клея. В качестве облицовочного материала используют поливинилхлоридную пленку, на которую также наносят слой клея. Выполнение непосредственно облицовочной операции начинается с нагрева наружных стенок резервуара. Разогрев идет до тех пор, пока не прогреются внутренние стенки. Температура зависит от того, какой клей применен.

Нагрев стенок резервуара целесообразно всего производить водородной горелкой. Прозрачная пленка клея по мере нагрева приобретает мутно-молочный цвет. В это время необходимо приступить к наклеиванию облицовочной поливинилхлоридной пленки. Коричневый оттенок пленки клея свидетельствует о перегреве, чего, естественно, допускать нельзя.

После наложения на нагретую внутреннюю поверхность резервуара поливинилхлоридная пленка становится пластичной и хорошо облегает эту поверхность. Чтобы сцепление было надежным, пленку вручную с помощью куска шерстяного войлока прижимают к поверхности резервуара.

Широкое применение получают пленочные покрытия в подшипниках скольжения.

Проведенные исследования антифрикционных свойств и износостойкости капроновых покрытий при трении скольжения показали, что наилучшими качествами обладает слой капрона толщиной 0,5—1,5 мм. По мере дальнейшего увеличения толщины слоя покрытия износ его увеличивается, что объясняется уменьшением теплопроводности и ухудшением условий отвода тепла от поверхности трения.

Наносятся такие покрытия способом литья под давлением с помощью простых по конструкции пресс-форм, в которые вставляют стальные корпуса втулок. В образовавшийся зазор между стенками корпуса втулки и центральным стержнем пресс-формы заливают под давлением капрон. В результате образуется покрытие рабочей (внутренней) поверхности втулки требуемой толщины.

Применяющиеся в различных машинах, станках бронзовые втулки-подшипники можно успешно заменить стальными, облицованными слоем капрона. Это дает большую экономию бронзы и других дефицитных сплавов.

Для получения качественного тонкослойного покрытия

способом литья под давлением необходимо соблюдать следующие условия.

1. Поверхность центрального стержня пресс-формы, формирующей отверстие втулки после хромирования, должна быть тщательно отполирована. Диаметр центрального стержня определяется с учетом усадки слоя капрона и вида посадки при сопряжении втулки с валом.

2. Для покрытия необходимо применять капрон-крошку, который должен быть тщательно просушен (содержание влаги не более 0,3%).

Температура расплавленного капрона—240—250°, давление при заполнении пресс-формы — до 50 кг/см². Пресс-форму, а также стальную вставку (корпус втулки) перед заполнением капроном необходимо нагреть до 80—100°.

3. Чтобы обеспечить надежную адгезию капронового покрытия, на рабочей поверхности стального корпуса втулки необходимо нарезать мелкую резьбу шагом 0,5 мм и выточить по краям заплечики размером 2×5 мм. Механическую обработку следует производить без применения смазки или охлаждающей эмульсии.

Большое значение имеет конструкция литника. Многочисленные опыты работников механического завода № 5 показали, что литники обычной конструкции не обеспечивают получения качественного тонкослойного (0,5—1,5 мм) покрытия. Наиболее удачным оказалось применение «кругового» литника, обеспечивающего подвод расплавленной массы капрона по всей внутренней окружности втулки.

Литьевой способ с успехом применяют для восстановления некоторых изношенных деталей. Так, например, нанесением слоя капрона освоено восстановление поршней переднего и заднего тормозных цилиндров, поршня амортизаторов, шестерни распределительного вала и рулевого колеса автомобиля. Если раньше при капитальном ремонте все изношенные поршни тормозных цилиндров, изготовляемых из алюминиевого сплава, выбраковывались, то в настоящее время их восстанавливают путем соответствующей подготовки, заливки капроном и окончательной отделки.

Покрытие деталей тонким слоем пластмасс находит все более широкое применение в машиностроении и ремонтной практике. Нанесение антикоррозийных защитных покрытий на различную химическую аппаратуру, детали трубопроводов, арматуру и другие изделия, подверженные воз-

действию агрессивной среды, позволяет значительно увеличить срок службы оборудования.

Большое практическое значение имеет нанесение пластмассовых покрытий на детали, работающие в узлах трения машин и механизмов. Во многих случаях детали с покрытиями из пластмасс дают возможность отказаться от применения дефицитных цветных и других сплавов, увеличить сроки службы трущихся поверхностей, снизить производственный шум и т. д.

СКЛЕИВАНИЕ ПЛАСТМАССОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Клеевые соединения должны обладать высокой механической прочностью при различных условиях эксплуатации, в частности при длительном нагружении, достаточной стойкостью к действию переменных температур, влажностью и др.

При склеивании пластмассовых деталей с металлическими, чтобы предупредить возможность коррозии клеевого соединения, необходимо учитывать химическую активность клея по отношению к основному материалу. Для склеивания пластмассовых деталей в промышленности наибольшее распространение получили синтетические пленочные и жидкие (вязкие) клеи.

Прочность клеевого соединения зависит от ряда факторов, главным образом от свойств клея, конструкции соединяемых элементов, точности соблюдения режимов склеивания, толщины клеевой пленки и т. д. Необходимо помнить, что с повышением температуры сопротивление сдвигу даже наиболее теплостойких клеев снижается.

Соединение будет тем прочнее, чем тоньше клеевой шов. Для получения качественного склеивания очень важное значение имеет подготовка поверхности в месте соединения.

Применяются три способа подготовки поверхности: химический, физический и механический.

Химический способ заключается в обработке поверхностей в ваннах специального состава и применяется при склеивании фторопластов, полиэтилена и других инертных полимеров. После химической обработки полимер приобретает высокие адгезионные свойства. В результате прочность клеевого соединения часто превосходит прочность самого материала.

Физический способ предусматривает нанесение подсло-

Основные марки клеев и технологические режимы склеивания

Марка клея	Необходимая температура, град.	Давление, кг/см ²	Выдержка для отверждения, час.
ВИАМ-БЗ	16	0,5—5,0	10—12
В-107	15	0,5—3,0	12—13
ВИАМ-К12	16	0,5—5,0	8—10
ВИАМ-Ф9	18	0,5—3,0	12—15
К-17	15	0,5—3,0	6—8
В-31Ф-9	20	1,0—3,0	10—12
К-32-70	65	1—1,5	4
ПВ-16	20	1—1,5	4
ВКТ-2	20	Без давления	10
ВКТ-3	20	"	10
ВК-32-2	20	"	10
АТК	105	"	4
АК-20	18	"	8
№ 88	15	"	3
МАС-1	150	2—3	0,5
КТ-15	200	2—3	2
БФ-2	140—150	10—20	1
БФ-4	140—150	10—20	1
Карбинольный	20	0,5—3,0	24—30
ПК-5	80	0,5—3,0	6
ПУ-2	105	0,5—3,0	4
ВС-10М	180	1—3,0	2—3
ВС-350	200	1—2	2
ВК-32-250	180	10—20	2
ВК-32-200	180	10—20	1—2
Л-4	120	0,1—0,3	4
К-153	25	1—1,5	16—20

ев из других клеев или их компонентов на поверхности деталей или изделий, подлежащих склеиванию, а также предварительное приклеивание хлопчатобумажных, капроновых или других тканей, повышающих прочность клеевого соединения.

При механическом способе подготовку поверхности осуществляют гидропескоструйной или дробеструйной обработкой, обработкой кардоленточными кругами, наждачной бумагой, шкуркой. Такая обработка увеличивает шероховатость поверхности и повышает склеивающую способность материалов. Поверхность деталей предварительно тщательно очищают от грязи, посторонних включений и обезжиривают.

Конструкция элементов должна быть пригодна для склеивания. Необходимо помнить, что клеевые швы хорошо работают на сдвиг, хуже на отрыв и плохо на отди- рание.

Рекомендуются следующие клеевые соединения:

1. Наклестка простая (длина наклестки равна четырехкратной толщине листов наклестки «на ус»), длина уса не менее трех-пятикратной толщины листа. 2. Стыковое. 3. Шпунтовое. 4. В стык с планкой. 5. Тавровое (в накладку, в паз, при помощи двух угольников). 6. Трубочатое, с раструбом, в шпунт, с наружной муфтой, с внутренней муфтой.

Детали из слоистых пластмасс, а также порошков и волокнитов на основе реактопластов клеют главным образом смоляными клеями Б, БФ и ВИАМ или КМ. Клей ВИАМ из-за большой токсичности в настоящее время применяют редко. Вместо него пользуются клеями БФ, смолой БС с присадкой из эпоксидной смолы (5—10%) и эпоксидными клеями ЭПЦ-1, ЭПЦ-2.

Основные марки клеев и технологические режимы склеивания приведены в таблице 11.

При ремонте и сборке металлических и пластмассовых деталей чаще всего применяют карбинольный клей и клей типа БФ.

Карбинольный клей является весьма универсальным. Он допускает напряжение на сжатие 1000 кг/см², на растяжение — 130—260 кг/см², на срез — 130—200 кг/см², причем прочность клеевого шва не нарушается при изменении температуры в интервале от —60 до +70°.

Заметное снижение прочности соединения начинается при температуре 70° и выше. Кроме высокой механической

прочности, соединения, полученные с помощью карбинольного клея, обладают герметичностью, влагостойкостью и сравнительно высокой теплостойкостью. Карбинольный клей готовится непосредственно перед склеиванием. Для этого в прозрачный карбинольный сироп добавляют в порошкообразном виде определенное количество (2—3% от веса сиропа) перекиси бензола, а после того как порошок полностью растворится и сироп вновь станет прозрачным, вводят наполнитель (50—80% от веса клея): цемент, мел, окись цинка и другие порошкообразные материалы.

Как и в других случаях, при склеивании карбинольным клеем поверхности склеиваемых деталей должны быть тщательно очищены механическим или химическим способами.

После очистки и подготовки поверхности необходимо соединить, чтобы они были подогнаны и хорошо прилегали друг к другу, в противном случае резко снижается качество (прочность) соединения.

Клеи типа БФ представляют собой спиртовой раствор модифицированных смол. Наибольшее применение в ремонтной практике нашли БФ-2 и БФ-4.

При ремонте и модернизации машин карбинольный клей, клеи типа БФ и другие на механическом заводе № 5 применяются при постановке пальцев, втулок, рукояток взамен прессовых посадок, при установке шариковых и роликовых подшипников, для восстановления поломанных рычагов, устранения утечек и обеспечения герметичности гидравлических и пневматических систем.

Растворители имеют низкую температуру кипения, в результате чего клей быстро загустевает.

Технологический процесс склеивания состоит из следующих операций:

1. Подготовка поверхностей: очистка от грязи, механическая обработка (если предусмотрено техпроцессом), протирка ацетоном, обезжиривание.

2. Проверка вязкости клеевого раствора и доведение его до рабочей вязкости путем добавления растворителей (метилхлорид, дихлорэтан, ацетон, циклогексанон).

3. Приготовление композиций.

4. Нанесение тонкого равномерного слоя клея на обе склеиваемые поверхности, выдержка их при комнатной температуре в течение 10—15 мин.

5. Сборка детали — соединяемые части плотно прижимают друг к другу в приспособлении, выдерживают в собранном виде в течение 8—12 час под давлением 3—5 кг/см².

При комнатной температуре затвердевание клея происходит медленно и длится 20—50 час и более. Ускорить процесс можно, поместив детали в термический шкаф. При температуре 50—60° время твердения сокращается до 4—5 час.

Детали термопластов склеивают не только специальными клеями, но и растворителями. В этом случае растворитель вызывает набухание полимера на поверхности детали и придает ей необходимую клейкость. Для придания растворителю требуемой вязкости в нем обычно растворяют 2—4% смолы, из которой состоят склеиваемые детали.

Раструбные клеевые соединения выполняют в следующей последовательности:

Соединяемые поверхности зачищают наждачной бумагой или напильником и смачивают растворителем, который окончательно очищает их от загрязнений и жира.

С помощью кисти на подготовленные поверхности наносят тонкий слой клея. После этого трубу немедленно вставляют в раструб. Проворачивать ее нельзя, так как могут образоваться пустоты.

По этому же принципу склеивают листы, пленки и пр. Клей наносят на обе соединяемые поверхности тонким слоем. После соответствующей выдержки их прижимают друг к другу с помощью груза или приспособления.

Для получения швов повышенной прочности лучше употреблять клей горячего твердения с применением в качестве отвердителя малеинового ангидрида. Для соединений ответственных конструкций применяют клей на основе эпоксидных смол.

Эпоксидные смолы широко используются при производстве смолистых материалов, в частности стеклотекстолитов, обладающих высокой механической прочностью, для нанесения поверхностных покрытий, при изготовлении литых изделий, цементов, мастик.

Отечественной промышленностью выпускаются эпоксидные смолы марок ЭД-5, ЭД-6, ЭД-13 и ЭД-15. Свойства смол в значительной степени зависят от вида отверждающего вещества.

Эпоксидными смолами заделывают трещины и раковины, а также с помощью мастик выравнивают вмятины и неровности. При этом повышается качество и сокращаются сроки ремонта многих деталей, а также достигается экономия цветных металлов, используемых в качестве припоев. Мasticу обычно готовят непосредственно перед выполнением ремонтных работ из различных компонентов.

Ниже приведены два наиболее распространенных варианта рецептуры мастики холодного твердения.

Вариант 1

1. Эпоксидная смола ЭД-6	100 вес. ч., или	48,78%
2. Дибутилфталат	60 » » »	29,27%
3. Сажа	35 » » »	17,07%
4. Полиэтиленполиамин	10 » » »	4,88%
Всего	205 вес. ч., или	100%

Вариант 2

1. Эпоксидная смола ЭД-6	100	вес. ч., или	40,0%
2. Дибутилфталат	50	» » »	20,0%
3. Слюда́ная пыль	90	» » »	36%
4. Полиметиленаполиамин	10	» » »	4%
Всего	250	вес. ч., или	100%

При изготовлении мастики компоненты смешиваются в той последовательности, которая указана в рецептуре.

В нагретую до 60—80° смолу вводят дибутилфталат и тщательно перемешивают, затем при непрерывном помешивании — наполнитель: сажу или слюдяную пыль. Слюда́ная пыль может быть заменена кварцевой мукой или другим подобным наполнителем. Готовую смесь продолжают перемешивать не менее 5 мин, потом охлаждают до комнатной температуры.

Трехкомпонентная смесь в закупоренной таре может храниться неограниченно долгое время.

Мастику готовят непосредственно перед выполнением ремонтных работ, для чего в смесь добавляют полиэтиленполиамин в количестве, указанном в рецептуре, тщательно размешивают и сразу же используют.

Если мастика должна храниться свыше 20 мин, ее необходимо охладить до температуры не выше 5°. При более низкой температуре (около 0°) мастика может сохранять свою годность до 8 час.

Поверхность детали, прежде чем наносить мастику, необходимо тщательно очистить механическим или химическим путем и обезжирить.

Так как эпоксидные смолы при попадании на кожу вызывают раздражение, то мастику можно наносить только шпателем.

При комнатной температуре отверждение мастики происходит за сутки. Если требуется ускорить процесс отверждения, то детали прогревают (например, с помощью инфракрасных ламп). При температуре 60° продолжительность твердения сокращается до 4 час, а при 180° — до 5 мин.

Рекомендуется следующий технологический процесс заделки трещин в корпусных деталях эпоксидной мастикой.

1. Высверлить по концам трещин два отверстия диаметром 4—5 мм, снять фаски по длине всей трещины под углом 60—90°.

2. Поверхность трещины обезжирить ацетоном или другим растворителем.

3. Нанести мастику шпателем и тщательно втереть ее до заполнения всей полости трещины. Выдержать при комнатной температуре до полного отверждения.

4. Зачистить поверхность мастики напильником или наждачным кругом.

Склеивание деталей из органического стекла. Для этого стружки органического стекла растворяют в дихлорэтане или монолите — метиловом эфире метакриловой кислоты. Те поверхности, которые склеиванию не подлежат, защищают от воздействия растворителей бумагой, пропитанной водорастворимыми клеями, например казеином. Затем склеиваемые поверхности протирают для удаления пыли.

Раствор органического стекла в дихлорэтане наносят тонким слоем на склеиваемые поверхности и выдерживают в несобранном виде в течение 2 мин.

После подсыхания поверхности соединяют вначале без нагрузки в течение 30 мин, а потом в прижимном приспособлении под давлением 0,5—5,0 кг/см² выдерживают около 4 час. Чем толще деталь, тем больше должно быть давление.

Механическая обработка склеиваемых деталей разрешается через 24 час после прессования.

Если от склеиваемых деталей из полиметилметакрилата не требуется прозрачности, их склеивают клеями на основе фенолформальдегидных смол.

Детали из нитроцеллюлозного этрола склеивают ацетоном. Но более прочная склейка получается при склеивании специальными составами, содержащими пластифицированную нитроцеллюлозу и канифоль (состав АК-2Р). Технологический процесс подобен приведенному. Давление — 4 кг/см²; продолжительность выдержки — 18—24 час в зависимости от толщины детали.

Детали из винипласта склеивают 10-процентным раствором перхлорвиниловой смолы в хлористом метиле, ацетоне или дихлорэтане.

Раствор наносят тремя слоями. После каждого нанесения деталь в несобранном виде выдерживают, затем производят склеивание под давлением 1 кг/см² с выдержкой в течение 24 час.

Пенопласты склеивают клеями типа БФ, ВИАМ, клеем Б с добавками 5, 10 или 20% метилполиамидных смол МПЛ, АМП или ПФЭ-400. Наносят два слоя клея. Удельное давление напрессовки — 0,5—1,0 кг/см² в течение 3—4 час.

Если необходимо склеить пенопласт со слоистыми пластиками, последние предварительно зачищают, чтобы придать их поверхности равномерную шероховатость.

Время выдержки необработанной детали составляет 5—10 мин, собранной — 20 мин. После этого производят запрессовку под давлением 0,5—1,5 кг/см² при нормальной температуре в течение 4—6 час.

Существенное значение приобретает применение синтетических клеев при изготовлении и ремонте станков. Так, с помощью клея корректируют недостаточно точно и чисто обработанные посадочные и привалочные поверхности станин, корпусов, кронштейнов и других деталей.

Опыт показал, что крепить накладные текстолитовые направляющие к чугунным направляющим стола станка лучше с помощью клея. При этом достигается экономия текстолита за счет уменьшения толщины пластин, отпадает необходимость в пришабывании нижней плоскости пластин и в установке большого количества применяющихся для их крепления латунных винтов.

СОЕДИНЕНИЕ ПЛАСТМАССОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ДЕТАЛЯМИ ИЗ ДРУГИХ МАТЕРИАЛОВ

Соединение болтами и винтами. При проектировании соединения пластмассовых деталей болтами и винтами нужно принимать во внимание следующее: применять болты большого диаметра нецелесообразно, так как прочность их намного превышает прочность пластмассы. Рекомендуется пользоваться болтами диаметром 4—22 мм. Детали из слоистых пластиков желательно соединять полыми болтами. Это уменьшает вес конструкции. Диаметр полых болтов должен быть в пределах 6—50 мм.

Чтобы увеличить площадь давления на материал, при затяжке под головки болтов и под гайки надо подкладывать пластины или плоские шайбы.

Отверстия под болты нужно располагать равномерно, с одинаковым шагом по всей длине соединения. Они не должны иметь задигов и трещин.

При соединении деталей разной толщины из одного и того же материала головку болта следует располагать со стороны тонкостенной детали. При соединении деталей из пластмассы различной твердости гайку нужно располагать со стороны наиболее твердого материала.

Болты и винты, которые требуют зенковки, применять не рекомендуется.

Соединение пластмассовыми кнопками. Если нужно получить разъемные конструкции, то многие пластмассовые детали соединяются как между собой, так и с деталями из других материалов при помощи пластмассовых кнопок.

Конструкции кнопок бывают различные, большинство из них сделано или по принципу резьбового соединения, или с использованием упругости пластмасс. Кнопки с резьбовым соединением представляют собой два пластмассовых болта, один из которых полый с внутренней резьбой, второй с наружной резьбой. При соединении второй болт ввинчивают во внутреннюю резьбу первого.

Кнопки обычно также имеют форму полого болта с прорезями вдоль образующей. На концах кнопки имеется буртик. При вдавливании кнопки в отверстие диаметр ножки уменьшается за счет прорезей. По выходе буртика из отверстия ножки кнопки распрямляются и вышедшие буртики не дают ей возможности выпасть из отверстия.

Отверстия в пластмассовых деталях можно делать различными способами. Если глубина отверстия не превышает 2,5—3 диаметров и допускает конусность в пределах 1:50, то его можно получить непосредственно при литье под давлением или при прессовании за счет металлического стержня-знака. Если же длина отверстия превышает указанные размеры или требуется повышенная точность, то в таких случаях оформляющий стержень обычно делают ступенчатым, а отверстие в дальнейшем рассверливают на станке.

Более глубокие отверстия обычно получают за счет применения двух стержней, устанавливаемых в пресс-форме с двух сторон. Однако это мероприятие может значительно усложнить изготовление самой пресс-формы. В некоторых случаях, особенно при небольшой партии одинаковых деталей, отверстия высверливают.

Отверстия под винты, шурупы, кнопки и другие крепежные элементы располагать близко к краю детали не следует.

Резьбы диаметром до 3 мм можно получать непосредственно при изготовлении пластмассовой детали за счет резьбовых знаков (резьбового стержня для внутренней и кольца — для наружной резьбы).

Резьбы меньшего диаметра обычно получают только механической обработкой.

При оформлении внутренней и наружной резьбы необходимо предусматривать выточки для сбега резьбы, которые предотвращают обрыв крайних верхних и нижних ниток.

Величина сбега, равная 0,5 мм, является минимально допустимой. Если получаемая таким способом резьба по условиям эксплуатации детали не обеспечивает достаточной ее прочности и долговечности, то пластмассовые детали лучше армировать металлическими (стальными) резьбовыми вставками.

Соединения при помощи металлической арматуры. Чтобы повысить механическую прочность, создать контакт в электрической цепи или соединить пластмассовые детали друг с другом или с другими деталями и частями машин, прибегают к армированию пластмассовых изделий.

Для создания электроконтактов применяется медная проволока, а в остальных случаях — преимущественно стальная арматура.

Места, подверженные образованию трещин, закрепляют плоской арматурой. Толщина ее должна быть минимальной.

Соединительная арматура, т. е. арматура, служащая для соединения пластмассовых деталей с другими деталями, выполняется в виде стальных резьбовых втулок и резьбовых стержней. Для прочного соединения с пластмассой армирующие стержни и втулки имеют выточки и накатку.

При изготовлении деталей из поликапролактама способом литья под давлением можно применять более простой способ закрепления арматуры с помощью нескольких отверстий, которые сверлятся в той части стальной втулки или стержня, которая заливается пластмассой. Поликапролактаму хорошо проникает в такие отверстия и образует прочное соединение, гарантирующее от продольного и кругового смещения арматуры. При конструировании армированных пластмассовых деталей металлическую арматуру следует назначать по сечению меньше, чем сечение пластмассовой детали. Если это требование не выполнено, то появляется опасность образования трещин в местах соединения арматуры с деталью. Расстояние от края арматуры до поверхности детали должно быть не менее 2,5—3 мм.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

При производстве сварных конструкций и изделий важно знать физико-механические свойства пластмасс околошовной зоны и сварного шва. Это нужно для того, чтобы правильно выбрать технологический режим сварки.

Определение вида пластических масс. Наружным осмотром не всегда можно определить, к какому виду относится пластмасса. С другой стороны, не всегда удается быстро провести всестороннее исследование для определения характерных свойств какого-либо термопласта.

В таблице 12 кратко изложены некоторые из рекомендуемых испытаний для быстрого определения вида термопласта.

Испытания включают внешний осмотр материала, поведение его при нагревании под воздействием пламени, действие простых растворителей. Применяя простую методику испытаний, изложенную в таблице 13, можно приобрести навыки в быстром определении пластмасс, что необходимо в повседневной заводской практике.

При изготовлении сварных конструкций следует стремиться к тому, чтобы соединения пластмасс обладали по возможности свойствами, наиболее близкими к свойствам основного материала. Особенно надо следить за следующими свойствами сварных соединений пластмасс: прочностью, удлинением, ударной вязкостью, твердостью, тепло- и жаростойкостью, герметичностью и, в ряде случаев, химической стойкостью.

В настоящее время нет еще единых условий испытания сварных соединений пластмасс. Методы прочностных испытаний, принятые для металлов, не могут быть целиком применены для испытания пластмасс и их сварных соединений.

Общие требования, предъявляемые к сварным швам, заключаются в следующем: шов должен быть плотным, не иметь подрезов, прожогов, обрывов, трещин (при прутковой сварке), значительных вмятин и других дефектов.

Наиболее широко применяются следующие способы проверки качества изделий: наружный осмотр, проверка плотности сварных швов и основного материала при помощи электроискровых и электролитических приспособлений, проверка погружением в жидкостные растворы и давлением сжатого воздуха. Некоторое представление о каче-

Таблица 12
Как быстро определить термопласт

Пластмасса	Способ воздействия	Признаки
1	2	3
Ацетат целлюлозы	Нагрев пламенем	Быстро загорается. Плавится и стекает по каплям. При горении дым имеет запах жженой бумаги
	Смачивание поверхности ацетоном	Возникают кислотные испарения. Поверхность быстро становится блестящей и липкой
Бутират ацетата целлюлозы	Нагрев пламенем	Признаки, во многом сходные с признаками, наблюдаемыми при пламенном нагреве ацетата целлюлозы, пары имеют прогорклый запах (присутствие масляной кислоты)
	Смачивание поверхности ацетоном	Признаки, аналогичные при таком же воздействии на ацетат целлюлозы
Нитроцеллюлоза	Быстрое трение поверхности для образования гел-образован-ия	Быстро загорается и горит интенсивным желтым пламенем. При горении выделяется запах камфары
Полиамид (нейлон)	Нагрев пламенем	Естественный цвет кремовый
	Нагрев пламенем	Трудно поддается воспламенению. При горении обугливается и плавится. Если кусок материала закрепить и в расплавленную часть его поместить конец булавки или ножа, а затем вынуть этот предмет, то вслед за концом булавки или ножа потянется тонкая нить. При горении полиамид (нейлон) имеет запах жженого волоса
Полиэтилен с разветвленной структурой	Нагрев пламенем	Внешний вид: материал похож на твердый воск, может пропускать свет и быть непрозрачным, при проведении ногтем на поверхности остается след
	Нагрев пламенем	Быстро загорается: не гаснет, если не погасить, плавится и растекается каплями. Дым, выделяющийся при горении, имеет запах парафина

1	2	3
Полиэтилен с линейной структурой	Нагрев пламенем	Твердый плотный материал, похож на воск, имеет значительную жесткость, при проведении ногтем на поверхности остается след
	Нагрев пламенем	Край становится прозрачным, материал быстро воспламеняется; при горении от него отделяются капли, однако не так быстро, как при горении полиэтилена с разветвленной структурой. Выделяется едкий дым, имеющий запах парафина
Полипропилен	Нагрев пламенем	Жесткий материал, при проведении ногтем по поверхности следа на ней почти не остается. Естественный цвет материала — кремоватый.
	Нагрев пламенем	Быстро загорается, не гаснет, если его не погасить, при горении плавится и стекает по каплям. Дым, выделяющийся при горении, имеет запах ревеня
Полистирол	Постукивание по поверхности материала карандашом или удар куском материала по поверхности стола	При ударах материал звенит подобно металлу
	Нагрев пламенем	При горении выделяются густой черный дым и сладковатые пары
Поливинилхлорид	Нагрев пламенем	Поливинилхлорид I и II — жесткий. Если он интенсивно пластифицирован, может быть мягким и гибким
	Нагрев пламенем	Трудно воспламеняется. Дым имеет резкий запах хлора
	Воздействие наиболее широко применяемых растворителей	Слабо поддается воздействию растворителей. В мягких сортах поливинилхлорида происходит выщелачивание пластификатора
	Воздействие тетрагидрафурана	Растворяется

1	2	3
Сополимеры поливинилхлорида: а) ацетатхлорид б) винилиденхлорид		Обычно жесткий, как и поливинилхлорид, однако воздействие наиболее широко применяемых растворителей сильнее. Как правило, гибкий, подобно ткани, бывает также в виде штампованных листов.
	Способы воздействия	Такие же, как для поливинилхлорида, однако винилиденхлорид труднее поддается загоранию.
Полиметилметакрилат	Нагрев пламенем	Прозрачный или пастельных тонов материал. Быстро загорается, не гаснет, если не погасить. Дым с сильным запахом, сладковатый.

стве сварного соединения можно получить путем обследования шлифов.

При наружном осмотре выявляются внешние дефекты сварных швов: неровности по ширине и высоте и непровар. Кроме того, обнаруживаются заметные дефекты в материале изделий.

Электроискровым способом проверяют плотность сварных швов. Этим методом можно точно установить проникаемые для жидкости и газа места сварных швов.

Отсутствие в швах сквозных пор проверяют также заливкой керосином, водой или накачиванием воздуха в герметически закрытый сварной сосуд.

При проверке плотности воздухом наружную поверхность шва смачивают мыльным раствором. В месте, где воздух просачивается, появляются пузыри.

Наиболее надежным и удобным методом проверки непроницаемости сварных швов из термопластичных материалов, позволяющих быстро и точно определить дефектное место, является *электроискровой способ*. Он основан на высоких электроизоляционных свойствах большинства термопластов (для сварных соединений из полиизобутилена этот способ не применим). К индуктору (рис. 24), на выходе которого может быть получено напряжение 15—20 кВ, присоединены проводники, оканчивающиеся щупами-щетками из тонкой мягкой медной проволоки. Укрепляются они на рукоятках из диэлектрического материала. На одной из щеток имеется индикаторная неоновая лампа.

При испытании одну щетку ведут с одной стороны свар-

ного соединения, другую — с противоположной стороны. В момент прохождения щеток над дефектным местом между ними проскакивает искра и зажигается неоновая лампа. Это значит, что шов имеет непровар, который легко устранить последующей подваркой.

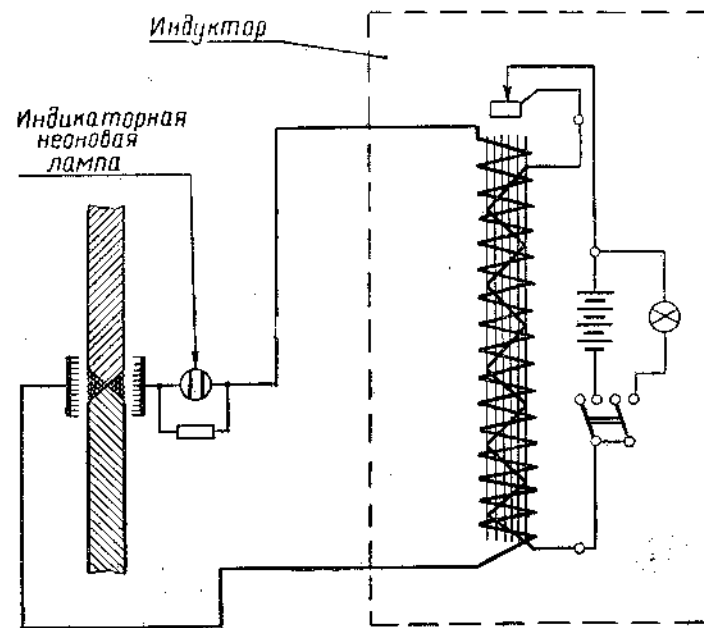


Рис. 24. Схема электроискрового дефектоскопа.

Электроискровой дефектоскоп удобен для пользования и транспортировки.

Электролитический способ погружения сварных конструкций и изделий в жидкости позволяет одновременно проверять плотность сварных швов и материала конструкций и изделий.

Заключается он в том, что сварные конструкции и изделия погружаются в двухпроцентный водный раствор фуксина. В том случае, если сварной шов или материал изделий и конструкций пропускает жидкость, последняя нальется в сварные конструкции или изделия и будет обнаружена внешним осмотром.

Такой способ проверки применяется в производстве упаковочной тары, изготавливаемой чаще всего из полиэти-

леновой, полиамидной пленок и других пластических масс.

Длительность проверки погружением устанавливается техническими условиями (от 5 до 25 час).

Приспособление для проверки качества сварных швов конструкций и изделий электролитическим способом показано на рис. 25. При проверке качества электролитическим способом сварной сосуд (обкладка), состоящий из корпуса 7 и дна 9, заполняется электролитом, состоящим из пятипроцентного раствора поваренной соли. Затем в раствор погружают электрод 5,

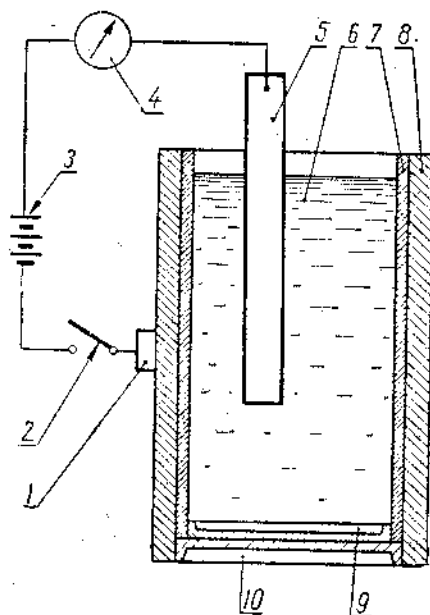


Рис. 25. Приспособление для проверки качества сварных швов электролитическим способом.

а второй электрод 1 располагают на корпусе наружного сосуда 8. Через раствор от источника постоянного тока 3 при помощи выключателя 2 пропускают электрический ток. В том случае, если в сварных швах или материале изделия имеются неплотные места, произойдет замыкание цепи, которое фиксируется отклонением стрелки нульталывометра 4.

Иногда замыкание электрической цепи фиксируется окрашиванием электролита в красный цвет, для чего в него добавляется несколько капель фенолфталеина. Раствор

в этом случае окрашивается при прохождении электрического тока вследствие электролитической диссоциации поваренной соли с выделением смеси, состоящей из водорода и кислорода. При электролитическом способе нельзя установить **точное** расположение неплотных мест сварных швов, а также материала сварных конструкций и изделий, поэтому этот способ целесообразно применять для проверки вмонтированных обкладок в корпуса ванн и аппаратов с целью контроля качества монтажных работ.

Единого метода испытаний механических свойств сварных соединений пластмасс, который был бы действителен для различных толщин и типов соединений, до настоящего времени не разработано.

При подготовке образцов для испытаний на растяжение их тщательно обрабатывают и выравнивают. При этом необходимо строго сохранять заданную температуру испытания и скорость нагружения образцов. Размеры и форма их зависят от типа соединений.

Определение удлинения при испытании сварных швов на разрыв практически не производится (за исключением полиэтилена), так как разрушение по шву происходит обычно с незначительной величиной удлинения. В сварных соединениях полиэтилена разрушение наступает не сразу. Вначале наблюдается местное сужение, а затем разрушение по наименьшему сечению.

Пластические свойства сварных швов могут также проверяться на полосах с продольным швом. Кроме того, некоторое представление о пластичности швов можно получить при испытании на удар.

Прочность отдельных сварных конструкций в ряде случаев определяется выборочно путем доведения конструкции до разрушения внутренним давлением. Такой метод обычно применяется при испытании труб или емкостей.

Испытание на химическую стойкость. Химическая стойкость сварных соединений проверяется путем определения прочности и пластичности сварных образцов, прошедших обработку.

Сравнительные испытания на разрыв образцов, сохранявшихся после сварки в обычных условиях, и образцов, выдерживающихся в кислотах, щелочах, газах с разной продолжительностью времени, дают результаты, указывающие на изменение прочности и пластичности сварных швов в результате химического воздействия среды.

Качество сварных конструкций проверяют также *просвечиванием рентгеновыми лучами*. Рентгенография — один из наиболее эффективных методов нахождения дефектов в пластмассовом листе или в швах. На рентгено снимке можно увидеть непровар швов. Такой дефект невозможно было бы определить ни одним из ранее упомянутых методов. Помимо того, что рентгенография дает возможность получить детальные подробности о качестве сварного шва, она позволяет также получить наглядную

картину состояния сварного соединения, а снимок обеспечивает постоянную регистрацию результатов обследования. Недостатком рентгенографического метода являются большие расходы, связанные с обследованием крупногабаритных конструкций. Тем не менее такие расходы могут считаться оправданными, когда необходимо установить наличие дефектов в швах тары, предназначенной для хранения или транспортировки особо опасных химических веществ, если недоброкачественность ее может повлечь серьезную аварию.

Для получения качественных рентгенограмм необходимо несколько условий. Во-первых, расстояние от объекта обследования до рентгеновской пластинки должно быть для уменьшения искажения по возможности большим.

Во-вторых, обследуемую плоскость нужно располагать параллельно рентгеновской пластинке и перпендикулярно направлению рентгеновского луча. Очевидно при этом, что искажения не могут быть полностью исключены при любом типе рентгеновских снимков с предметов, плоскость которых выражена нечетко.

Рентгеновское исследование качества сварных швов может быть произведено и без снимков, на обработку которых требуется значительное время.

При рентгеноскопическом исследовании флуоресцирующий экран заменяет собой рентгеновскую пластинку. Падение рентгеновых лучей на такой экран вызывает свечение флуоресцирующего покрытия, так что сразу производятся исследования детали.

Преимущества рентгеноскопического метода по сравнению с рентгенографическим заключается в скорости исследования качества сварных соединений, более низкой стоимости операций и возможности обследовать детали, движущиеся по поверхности, а также детали больших размеров.

Однако при рентгеноскопическом методе исследования сварных соединений нельзя получить вполне отчетливого изображения, так как кристаллическая структура экрана не дает столь высокой разрешающей способности, которая возможна при использовании рентгеновских снимков. Контрастность изображения при рентгеноскопическом исследовании также значительно ниже, чем при рентгенографическом. Поэтому во всех случаях, когда к той или иной детали предъявляются особые требования, при ее исследовании следует производить рентгеновские снимки.

Таблица 13
Характеристика дефектов сварки и напыленного слоя
термопластических масс

Пороки сварных швов	Причины возникновения	Способы устранения
1	2	3
Сварка с присадочным материалом		
Различное расстояние между кромками свариваемых деталей по длине шва	Неправильная и небрежная подготовка кромок деталей под сварку Неправильная сборка деталей под сварку	Подготовить кромки деталей в соответствии с чертежными размерами. Собрать детали под сварку, выдержав равное расстояние между ними по всей длине стыка
Кромки свариваемых деталей при равной толщине их не лежат в одной горизонтальной плоскости	Неправильная сборка деталей под сварку	Собрать детали с предварительной проверкой качества сборки
Уменьшение толщины основного материала в месте перехода к присадочному материалу (подрез)	Неправильное положение сварочных горелок или повышенная температура теплоносителей или газового пламени	Заварить дефектное место присадочным материалом после предварительной подготовки поверхности
Трещины в сварных швах	Чрезмерно быстрое искусственное охлаждение сварных швов	Вырезать дефектные сварные швы, подготовить поверхность деталей под сварку и вторично заварить
Непровар	Неправильное положение сварочных горелок или пониженная температура теплоносителей и газового пламени Недостаточное сварочное давление	Установить правильное положение и температуру теплоносителей и газового пламени Вырезать дефектные места, подготовить поверхность под сварку и вторично заварить
Разложение материала деталей и сварного шва	Повышенная температура теплоносителей и газового пламени	Установить требуемую температуру для сварки. Вырезать дефектные места. Подготовить поверхность деталей под сварку и вторично заварить

1	2	3
Сварные швы с недостаточным усилением	Отступление от технических требований	Произвести дополнительную сварку присадочного материала
Расслаивание и выпучивание основного материала	Многократные нагревы	Вырезать дефектные места, подготовить поверхность деталей под сварку и вторично сварить
Пониженная механическая прочность сварных швов или изменение цвета их поверхности	Загрязнение теплоносителя по причине неисправности фильтровальных устройств	Исправить воздушные фильтры

Сварка без присадочного материала

Непровар	Нарушение технологических режимов (повышенная скорость сварки, недостаточная напряженность электрического поля и температура нагрева сварочных инструментов, а также недостаточное сварочное давление)	Вторичная и последующая сварка (для всех термопластических масс, за исключением листового винилпласта)
Прожоги и выплески основного материала в местах сварных швов	Увеличена напряженность электрического поля или температура сварочных инструментов, ведение сварки при повышенном давлении. Нарушена рабочая поверхность электродов (вмятины, брызги металла и пластмасс и т. д.)	Вырезать дефектное место и заварить после предварительной установки требуемых режимов сварки
Уменьшенная толщина сварного шва	Увеличено сварочное давление	Установить нормальное сварочное давление
Разложение материала сварного шва	Увеличена напряженность электрического поля, перегрев сварочных инструментов	Вырезать дефектное место и затем сварить
Изменение цвета материала сварного шва и посторонние включения	Загрязнена поверхность сварочных инструментов или электродов	Очистить поверхность сварочных инструментов или электродов

1	2	3
Нанесение термопластических масс методом напыления		
Непрочное сцепление напыленной термопластической массы с поверхностью металла	Недостаточный нагрев порошка термопластической массы	Увеличить температуру нагрева порошка
	Недостаточный нагрев поверхности металла	Увеличить нагрев поверхности металла, снять напыленный слой и вновь нанести с соблюдением установленной технологии
	Воздух загрязнен посторонними примесями (пыль, грязь и т. д.) по причине неисправности фильтров	Исправить воздушные фильтры
	Применяемый порошок термопластической массы загрязнен посторонними примесями (пыль, грязь, влага и т. д.)	Сменить порошок
	Загрязнена или недостаточно подготовлена поверхность металла под напыление	Очистить или подготовить качественно поверхность металла
	Неправильная грануляция порошка, смесь порошка одного названия, но различной грануляции	Сменить порошок
Неравномерная толщина напыленного слоя термопластической массы	Неравномерные движения сопла или нарушение формы сопла	Дополнительно напылить после предварительного ремонта сопла

Характеристика дефектов сварки пластмасс и методы их устранения. В таблице 13 даны наиболее характерные дефекты сварных швов и напыленного слоя термопластических масс.

Дефекты могут быть вызваны рядом причин. Так, например, неполное сплавление с основным материалом из-за низкой температуры сварки или слишком высокой скорости ее может привести к неполноценности соединения. В том случае, если сварочный пруток укладывается небрежно, в шве могут появиться включения воздуха. Это значительно снижает прочность шва. В результате непровара может получиться шов, который при наружном осмотре кажется вполне прочным, однако на самом деле является дефектным. Совершенно необходимо умение установить наличие таких дефектов до того, как сварная конструкция или деталь будет сдана в эксплуатацию.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ СВАРКЕ ПЛАСТМАСС

Отделения по изготовлению деталей и покрытий из пластмасс на заводах проектируют в следующем порядке:

1. Выявляют, какие именно детали надо изготовить.
2. Определяют, по какому технологическому процессу следует изготовлять ту или иную деталь.
3. Устанавливают количественный выпуск деталей по принятому технологическому процессу.
4. Выявляют требуемое количество оборудования и рабочих мест для каждого технологического процесса.
5. По количеству оборудования и рабочих мест подсчитывают необходимую рабочую площадь.

Оборудование и посты располагают в соответствии с последовательностью технологического процесса.

Подачу сырья, смесей, смол к рабочим местам или оборудованию можно вести только по трубопроводам, расположенным в изолированных коллекторах, в которых устанавливают транспортеры. Рабочие проходы должны иметь ширину не менее 1,0—1,5 м.

Участки для нанесения пластмасс на металлические детали оборудуют рабочими местами по приготовлению компазида, зачистки и обезжириванию деталей, барабанами для полимеризации пластмассы на деталях и стеллажами для заготовок и готовой продукции. При нанесении пластмасс вихревым способом оборудуют специальные посты, на

которых готовят компазида и обезжиривают металлические детали.

По возможности все участки должны иметь наружный выход, а притототвительный участок и участок для изготовления крупногабаритных деталей и покрытий, учитывая их огнеопасность, наружные выходы больших размеров.

Освещение помещений пластмассового цеха относят к первому или второму разряду. Что касается искусственного освещения, то его следует проектировать так, чтобы наименьшая освещенность была не ниже 100—150 лк. Высоту помещений, учитывая размеры оборудования, принимают в пределах 3,5—4 м.

Особое внимание следует обратить на вентиляцию. При изготовлении деталей из пластмасс выделяется много летучих токсичных веществ, а также пыли, стекловолокна и пр., наличие которых в воздухе вредно отражается на здоровье работников. Предельно допустимые концентрации веществ в воздухе в мг/л: 0,005 фенола; 0,001 окиси этилена; 0,001 формальдегида; 0,1 разн. эфиров (ацетатов); 0,1 органических растворителей.

Местные отсосы должны обеспечивать вытяжку 3000 м³/ч на каждый квадратный метр формируемой детали из стеклопластов. Скорость вытяжки у оборудования по изготовлению деталей из других пластмасс должна быть 0,5 м/сек, а у зачистных агрегатов — 2,5 м/сек, у стеллажа — 0,1 м/сек.

Вблизи рабочего места не должно быть легковоспламеняющихся предметов, а также баллонов. Установка их допускается на расстоянии не менее 5 м от горелки.

При работе в помещении баллоны с горючими газами должны устанавливаться вне помещения в специальных шкафах из тонколистовой стали. По существующим правилам газовые баллоны во избежание падения необходимо прочно закреплять.

Для питания электрических горелок допускается напряжение не выше 36 в. Токоснаводящие провода должны быть хорошо изолированы в соответствии с существующими требованиями правил техники безопасности. Рукоятки горелок выполняются только из электро- и теплоизоляционных материалов.

Сварочное оборудование, изготовленное с использованием высокочастотных ламповых установок, может эксплуатироваться в помещениях с температурой воздуха в пределах от +10 до +35° при отсутствии в них токопроводящей

пыли и газов, вредно действующих на электроаппаратуру.

Передвигать оборудование можно только на роликах в пределах цеха по ровному полу. Если при передвижении возможны толчки или тряска, необходимо вынуть из сварочной машины генераторные лампы и вакуумный конденсатор.

Электрическое питание рекомендуется подводить трехжильным кабелем. Кабель вводится в специальное отверстие в стенке шкафа и подключается к клеммам на доске и болту заземления. Один раз в неделю следует разбирать и прочищать воздушный фильтр.

Вода для охлаждения генераторных ламп может быть подведена резиновыми шлангами с внутренним диаметром 19 мм. Вода должна быть чистой, с содержанием растворимых солей не более 0,17 г на литр, с удельным сопротивлением не менее 4000 ом/см².

Давление воды на входе в систему допускается не более 2 ат. Охлаждающий воздух нагнетается внутрь установки специальным вентилятором.

Сварочное оборудование следует содержать в чистоте, своевременно удаляя пыль со всех элементов, находящихся под напряжением. Ребристые изоляторы обязательно протирать бензином не реже двух раз в месяц.

Конструкция сварочных машин обеспечивает безопасность обслуживающего персонала при наличии исправной электромеханической блокировки на дверцах, блокировочного контакта в рабочем конденсаторе и заземлении каркаса.

Эксплуатация оборудования хотя бы при малейшей неисправности категорически воспрещается.

Категорически воспрещается работать при отсутствии хотя бы одного из обшивочных листов установки.

Если необходим какой-либо ремонт в установке, обязательно должен быть отключен рубильник на цеховом питающем щитке.

Персонал, занятый на нормальной эксплуатации сварочных машин, должен быть проинструктирован по части управления механизмами, по их включению и выключению, технике безопасности, и, собственно, технологическому процессу сварки термопластических масс токами высокой частоты.

ЛИТЕРАТУРА

Бобровников Г. А. Применение синтетических материалов при ремонте и модернизации машин. Машгиз, 1963.

Завгородний В. К. Модернизация оборудования деталей из пластмасс. Машгиз, 1963.

Клинов И. Я., Левин А. Н. Пластмассы в химическом машиностроении. Машгиз, 1963.

Козулин Н. А., Шапиро А. Я., Гавурина Р. К. Оборудование для производства и переработки пластических масс. Госхимиздат, 1963.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	3
Пластические массы	5
Физико-механические, термические и электрические свойства пластмасс, пригодных для сварки	6
Винилпласты	12
Полихлорвиниловый пластикат	13
Полиэтилен	14
Полиамиды	15
Полиизобутилен	17
Полиметилметакрилат	19
Полистирол	21
Полдипропилен	23
Фторопласты	24
Способы сварки	26
Сварка газовыми теплоносителями	30
Аппаратура и оборудование	31
Оборудование сварочного поста	40
Вспомогательные приспособления для сварки	42
Сварка нагретым газом	44
Контактная сварка пластмасс	59
Аппаратура и оборудование	63
Технология сварки	72
Сварка пластмасс нагретым инструментом	78
Сварка пластмасс трением	85
Оборудование и приспособления для сварки трением	85
Технология сварки	88
Применение сварки трением	94
Сварка пластмасс ультразвуком	95
Технология сварки	98
Аппаратура и оборудование	99
Области применения ультразвуковой сварки	103
Сварка пластмасс токами высокой частоты	104
Способы сварки пластмасс токами высокой частоты	108
Установки, аппаратура и оборудование	112
Технология сварки	117
Области применения высокочастотной сварки	120
Способы нанесения пластмассовых покрытий на металлические поверхности	122
Аппаратура и оборудование	124
Технологический процесс напыления	127
Способ суспензии	139
Склеивание пластмассовых деталей	143
Соединение пластмассовых деталей с деталями из других материалов	150
Контроль качества сварных изделий	153
Техника безопасности и охрана труда при сварке пластмасс	164
Литература	167