

1 Общая характеристика технологического процесса литья

Литейное производство – один из наиболее универсальных и рациональных способов производства заготовок и деталей в машиностроении. Доля литых заготовок в конструкциях машин составляет от 20 до 90% по массе.

Современное литейное производство – это комплекс технологических процессов получения литых заготовок и деталей, масса которых составляет от нескольких грамм до 300 т., а габаритные размеры - от нескольких миллиметров до 20 метров. Многие способы литья позволяют управлять процессом кристаллизации металла, получать отливки с уникальными свойствами и микроструктурой.

1.1 Сущность процесса литья

Технологический процесс литья – это способ получения заготовок или деталей посредством заливки расплавленного металла в рабочую полость литейной формы. В литейной форме металл затвердевает и охлаждается, в результате чего формируются геометрическая форма, размеры, качество поверхности, микроструктура и основные физико-механические свойства изделия, называемого отливкой. При этом наружные очертания отливки определяются рабочей полостью формы, а внутренние образуются фасонными вставками, называемыми стержнями [2]. После затвердевания и охлаждения отливку из формы извлекают и подвергают финишной обработке.

1.2 Схема литейного производства

Процессу изготовления отливки предшествуют (рис. 1.3) такие этапы жизненного цикла, как выбор способа литья, разработка чертежа отливки, разработка технологического процесса литья, разработка технических заданий (ТЗ) и проектирование средств технологического оснащения (СТО), изготовление СТО – то есть необходимой технологической оснастки.

Технологический процесс изготовления отливки в общем виде включает следующие основные этапы : плавку жидкого металла, изготовление (или подготовку, если форма многоразовая) литейной формы, заливку металла, выдержку металла в форме для затвердевания и охлаждения, выбивку (или извлечение) отливки из формы, финишную обработку отливки.

В зависимости от вида сплава в литейных цехах используется следующее плавильное оборудование: вагранка (для плавки чугуна), дуговая электропечь (чугун, сталь), пламенные печи (мартеновская – для плавки стали, прочие пламенные – для плавки чугуна и цветных сплавов), конвертер (сталь), индукционная электропечь (все сплавы), электропечь сопротивления (цветные сплавы). Для получения ответственных тонкостенных отливок из серого и ковкого чугуна используются также дуговые процессы: “вагранка - дуговая электропечь”, “вагранка - индукционная электропечь” и “вагранка - пламенная печь”.

Для заливки расплавленного металла в литейную форму применяют чайниковые (чугун, цветные сплавы), барабанные (чугун) или стопорные ковши (сталь).

В соответствии с ГОСТ 18169 литейная форма – это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка. Литейная форма, используемая для заливки расплавленным металлом лишь один раз и разрушаемая при извлечении отливки, называется разовой. Литейная форма, используемая для заливки расплавленным металлом более одного раза, называется многократной.

Наибольшее применение в литейном производстве (до 90%) имеют разовые песчаные формы. Прочие разовые формы имеют ограниченное применение.

После затвердевания и охлаждения до заданной температуры отливка из формы извлекается либо путём разрушения формы (разовая форма), либо посредством раскрытия формы и выталкивания отливки (многократная форма). Процесс извлечения отливки из разовой формы называется выбивкой. Литейные стержни в процессе выбивки отливок либо разрушаются (разовые стержни), либо извлекаются из отливки для повторного использования (многократные стержни).

Далее отливка охлаждается на воздухе до комнатной температуры и поступает на финишную обработку, которая включает отделение от отливки литниковой системы (отбивка, газовая резка, обрубка, механическая резка), очистку (галтовочный барабан, дробеструйная

очистка, дробеметная очистка и др.), зачистку (питателей, заусенцев и заливов) абразивными кругами. Некоторые виды очистного оборудования представлены на рис. 1.7.

При необходимости отливки подвергают термической обработке (отжиг белого чугуна для получения ковкого чугуна, отжиг или нормализация отливок из углеродистой стали и др.), а также первичной механообработке. Далее отливки проходят контроль (от визуального до ультразвукового и рентгеновского) и, как правило, окрашиваются (грунтовка). Готовые отливки (литые заготовки, литьё) поступают в механические и другие цеха для размерной обработки.

1.3 Классификация литейных форм

По конструкции литейные формы бывают разъёмными (одна, две и больше плоскостей или поверхностей разъёма) и неразъёмными. Разъёмные формы могут иметь горизонтальную или вертикальную плоскости разъёма.

В зависимости от типа производства, габаритов, сложности, толщины стенок отливки и вида заливаемого металла литейные формы изготавливаются из различных материалов. Среди разовых форм наибольшее распространение как указывалось выше имеют песчаные формы. Они изготавливаются из специально составленных формовочных смесей, огнеупорной основой которых является кварцевый формовочный песок. В качестве связующего материала для формовочной смеси могут служить огнеупорная формовочная глина, жидкое стекло, смолы холодного и горячего отверждения, холоднотвердеющие смолы в сочетании с поверхностно-активными веществами (для получения жидких формовочных смесей) и др. По агрегатному состоянию песчаные смеси бывают сыпучие, пластичные и жидкие (жидкоподвижные).

Вид связующего материала и способ упрочнения формовочной смеси определяют и соответствующий вид песчаной формы: песчано-глинистая сырая; песчано-глинистая сухая песчано-глинистая подсушенная; песчано-жидкостекольная (по СО2-процессу); песчано-жидкостекольная из пластичных самотвердеющих смесей (по ПСС-процессу); песчано-жидкостекольная из жидких самотвердеющих смесей (по ЖСС-процессу); песчано-смоляная из холоднотвердеющих смесей (по ХТС-процессу); песчано-смоляная, отверждаемая при продувке газообразным катализатором (по Ашланд-процессу) и др. Известны литейные песчаные формы, изготовленные без связующего материала (замороженные, по пенополистироловым моделям, песчаные вакуумно-плёночные). По толщине стенок песчаные формы подразделяют на тонкостенные, позволяющие в той или иной мере воздействовать извне на процесс затвердевания и охлаждения отливки в форме (толщиной до 20-50мм), и толстостенные, или объёмные песчаные формы, процесс затвердевания и охлаждения отливки в которых определяется лишь теплофизическими свойствами материала формы. Среди многократных литейных форм наибольшее применение имеют металлические формы, изготавливаемые из серого и высокопрочного чугунов, углеродистых и легированных сталей, алюминиевых сплавов, покрытых термостойким анодным слоем.

1.4 Классификация процессов литья

Наименование процесса (способа) литья определяется, как правило, либо видом заливаемой литейной формы, либо способом заполнения расплавленным металлом рабочей полости формы. Условно принято считать, что литьё в разовые песчаные формы относится к обычным, традиционным способам литья, а все другие способы литья – к специальным. Специальные способы литья иногда могут значительно повышать его стоимость, но позволяют получать отливки повышенного качества с минимальным объёмом механической обработки.

1.5 Чертёж отливки

Исходным документом для разработки чертежа отливки служит чертёж детали. Отливка отличается от детали припусками на механическую обработку, наличием литейных радиусов и литейных уклонов, а также отсутствием некоторых отверстий (диаметром менее 10-20мм), которые целесообразнее получать механической обработкой (сверлением). В некоторых случаях отливка снабжается технологическими напусками, рёбрами, стяжками.

Припуск на механическую обработку – это дополнительный слой металла, который удаляется при механической обработке с целью получения заданной точности, а также качества поверхности, получение которых не обеспечивает данный технологический процесс литья. Величина припуска регламентируется ГОСТ 2.423, 1855 и др. и зависит от способа литья, габаритных размеров отливки, её материала. Припуск на обработку составляет от 0,5 до 20 и более миллиметров на сторону.

При литье в металлические формы литейные уклоны обеспечивают беспрепятственное извлечение из формы отливки.

Литейные радиусы обусловлены поверхностным натяжением заливаемого металла, в силу которого жидкий металл не заполняет прямые и острые углы рабочей полости формы. Литейные радиусы способствуют также лучшему уплотнению формовочной смеси в углах рабочей полости формы, уменьшают вероятность образования в отливках трещин. Величина литейных радиусов – от 0,5 до 20 мм, а при литье толстостенных заготовок может достигать 200 мм.

Чертёж отливки разрабатывается на основании технологических указаний на чертеже детали: плоскости разреза формы, количества и конфигурации стержней, припусков на обработку, литейных уклонов и радиусов, мест подвода металла (питателей), расположения выпоров и прибылей. При определении плоскости разреза формы (и модели) обрабатываемые поверхности отливки располагают внизу или вертикально, т. е. верхние части отливки всегда более загрязнены и качество металла в них ниже. Для повышения точности отливки желательно её располагать, если это возможно, в одной полуформе (лучше – в нижней). Конфигурация модели должна позволять, по возможности, её извлечение из формы без отъёмных частей и без дополнительных стержней. Количество стержней в форме должно быть минимальным. Зачастую плоскость разреза формы совпадает с осью симметрии отливки. Рекомендации по определению рациональной плоскости разреза формы даны в приложении 2.

На чертеже отливки записываются также технические требования, указываются, при необходимости, базовые поверхности при механической обработке.

2. Технологический процесс литья в песчано-глинистые формы

Литьё в песчано-глинистые формы имеет наиболее широкое применение в машиностроении, где составляет от 60 до 90% от общего объёма производства литых заготовок. В зависимости от вида сплава, массы и габаритов отливки, а также от типа производства применяют сырые, сухие или подсушенные песчано-глинистые формы. В массовом производстве применяют, как правило, сырые формы.

2.1. Устройство песчаной формы

Литейная песчаная форма является разъемной и в большинстве случаев состоит из двух полуформ. Плоскость, разделяющая эти полуформы, называется плоскостью разреза формы. Она может быть горизонтальной или вертикальной. Большинство литейных форм имеет горизонтальную плоскость разреза. Такие формы, соответственно, состоят из верхней и нижней полуформ. Внутри формы, собранной из двух полуформ, располагают рабочую полость, получаемую с помощью специального инструмента – литейной модели. В рабочую полость формы заливают расплавленный металл. Наличие двух полуформ определяется необходимостью извлечения из формы модели (моделей) после уплотнения формовочной смеси, а также для размещения в плоскости разреза каналов литниковой системы. При этом формовочная смесь уплотняется в специальных металлических рамках, называемых опоками. Бывают также и безопочные формы.

Для получения в отливке отверстий и внутренних полостей применяют литейные песчаные стержни, которые изготавливают отдельно от полуформ (из стержневой смеси), высушивают или отверждают химическим способом и вставляют в форму при её сборке. Таким образом наружные очертания рабочей полости определяются конфигурацией модели, а внутренние – конфигурацией литейных стержней. В некоторых случаях стержни используются и для формирования наружной поверхности отливки. Песчаные стержни обычно уплотняют, а затем высушивают или отверждают химическим способом. При извлечении отливки из формы песчаные стержни разрушаются, то есть также являются разовыми. Для сложных отливок количество стержней может достигать нескольких десятков (рис.2.2).

Для установки и фиксации в форме стержни снабжают специальными опорными элементами, называемыми знаками. Знаки выходят за границы отливки и являются продолжением тех частей стержня, которые формируют в отливке отверстия. По расположению в форме знаки бывают вертикальными и горизонтальными. Вертикальные знаки имеют уклон 10 – 15, горизонтальные – либо без уклона, либо с уклоном в тех же пределах. Длина знака зависит

от его поперечного сечения и массы стержня и составляет от 20 до 100мм. Между знаками стержня и знаками формы предусматривают зазоры(0.3-2мм).

Форма заполняется расплавленным металлом через систему каналов, называемую литниковой системой. Литниковая система включает: литниковую чашу, стояк, зумпф, шлакоуловитель, питатели, выпоры, прибыли и другие элементы. При заливке в форму расплавленный металл из разливочного ковша попадает в чашу. Литниковую чашу располагают либо в верхней части верхней полуформы, либо изготавливают отдельно и устанавливают на форму сверху. По стояку металл течёт к плоскости разреза формы, после чего попадает в горизонтальный канал, называемый шлакоуловителем. Шлакоуловитель располагают в верхней полуформе. Его назначение – подвод жидкого металла к питателям, а также улавливание частичек шлака и неметаллических включений. Под стояком, в нижней полуформе, делают углубление со сферической поверхностью, которое называется зумпф. Зумпф предотвращает разрывы формы при изменении направления движения металла. Из шлакоуловителя металл переходит в питатели, по которым попадает в рабочую полость литейной формы. Количество питателей в форме может достигать нескольких десятков. Питатели располагаются в нижней полуформе. По мере заполнения литейной формы металлом находящийся в рабочей полости формы воздух оттесняется вверх. Для отвода воздуха из формы в момент заливки служат выпоры – вертикальные каналы в верхней части рабочей полости.

Для предотвращения усадочных раковин в массивных частях отливки в форме создают прибыли – специальные полости, расширяющиеся вверх, в которых заливаемый металл затвердевает позднее, чем в отливке, благодаря чему усадочная раковина «переходит» в прибыль. Обычно прибыли применяют при заливке в форму сплавов, усадка которых более 1% (сталь, цветные сплавы).

На литниковую систему расходуется значительная доля заливаемого в форму металла. Выход годного, то есть отношение массы металла отливки к массе залитого металла, выраженное в процентах для различных сплавов может составлять от 75-80% (для чугунов отливок) и до 50% (для стали и цветных сплавов). При заливке жидкого металла в форму возникают гидростатическое и гидродинамическое давления, в результате чего верхняя полуформа может приподняться. Для предотвращения этого на собранную форму накладывают груз, масс которого в 3-5 раз превышает массу заливаемого в форму металла. Вместо груза полуформы (опки) скрепляют также клиновыми скобами, струбцинами, редко – болтами.

С момента контакта жидкого металла с формой начинается интенсивный её прогрев. В результате различные составляющие формовочной смеси (вода, каменный уголь, мазут и др.) выделяют большое количество различных газов, в том числе горючих, а также пара. Особенно в сложных условиях находятся песчаные стержни. Несмотря на существенную пористость песчаных форм и стержней (их «газопроницаемость»), для отвода газов от отливки в верхней и нижней полуформах создают дополнительную систему вентиляции – путём накалывания вентиляционных каналов (вентиляционных наколов). Аналогичные вентиляционные каналы делают и в стержнях.

Песчано-глинистая форма уплотняется и транспортируется в специальных металлических рамках, называемых опоками. Опки изготавливают из алюминиевых сплавов, стали, чугуна. Боковые стенки опок снабжаются отверстиями для выхода из формы газов. На обеих плоскостях опки обычно снабжаются буртиками – для лучшего удержания уплотнённой формовочной смеси. Большие опки имеют также рёбра жёсткости – «шпоны», удерживающие уплотнённую формовочную смесь и придающие большую жёсткость опке. Опки также снабжают специальными приливами – «ушками» для расположения в них центрирующих отверстий («системы координат»). Крупные опки имеют также специальные приливы – цапфы для их транспортирования и кантования. В литейной форме можно получить до нескольких десятков отливок одновременно. При этом все отливки должны, по возможности иметь идентичный подвод металла и заливаться через общую литниковую систему. Сечения основных элементов литниковой системы рассчитываются.

2.2. Схема технологического процесса

Схема технологического процесса изготовления отливки в песчано-глинистой форме включает следующие основные этапы: плавку жидкого металла, изготовление песчано-

глинистой формы, заливку металла в форму, выдержку металла в форме для затвердевания и охлаждения, выбивку отливки из формы, финишную обработку отливки.

2.3. Технологическая оснастка

Технологическая оснастка включает опоки(см.П.2.1), подмодельные плиты с моделями (полумоделями), стержневые ящики.

Модель – это инструмент для получения рабочей полости формы (рис.2.8), формирования наружной поверхности отливки. Размеры модели больше размеров отливки на величину усадки заливаемого металла (линейной усадки). Линейная усадка зависит от материала отливки и, частично, - от её геометрической сложности и составляет от 0,5 до 2,5%.

Для формирования в форме опорных площадок для установки стержней (знаков) на модели выполняют соответствующие выступы – знаки модели.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве модели изготавливают деревянными, в серийном и массовом производстве – металлическими (сплавы алюминия, меди, серый чугун, сталь). Деревянные модели изготавливают из хвойных или благородных пород дерева, многослойными, клееными с тщательной сушкой. Деревянные модели окрашивают масляными красками и лаками для предохранения от влаги, находящейся в воздухе, а также в формовочной смеси. Красный цвет моделей – для чугунного литья, серый цвет – для стального литья. Знаки модели окрашивают черной краской.

В зависимости от геометрической сложности отливки и технологии изготовления формы модель может быть неразъёмной или разъёмной. В большинстве случаев разъёмные модели изготавливают из двух половин (двух полумоделей). Плоскость, которая их разделяет, называется плоскостью разъёма модели. Как правило, плоскости разъёма формы и модели совпадают. Поверхности модели, перпендикулярные к плоскости её разъёма, выполняют с литейным уклоном – для лёгкого извлечения модели из уплотнённой (упрочнённой) полуформы.

При изготовлении формы модель свободно устанавливается (ручная формовка) или жёстко закрепляется (машинная формовка) на специальной плите, которая называется подмодельной. Кроме модели, на подмодельной плите устанавливаются или закрепляются также и необходимые модели элементов литниковой системы. При жёстком закреплении модели на подмодельной плите последняя снабжается неподвижными штырями – для установки опок и их строгой ориентации по отношению к модели. Подмодельные плиты бывают также двухсторонними. По материалу подмодельные плиты могут быть деревянными или металлическими.

Стержневой ящик – это инструмент для изготовления стержня (стержней), в том числе и его знаков. Стержневые ящики бывают открытыми (неразъёмными) или закрытыми (разъёмными). Они могут иметь отъёмные части. По материалу стержневые ящики бывают деревянными или металлическими. Конструкция стержневого ящика зависит в значительной степени и от технологии изготовления стержней: при пескоудном способе заполнения стержневой смесью стержневые ящики снабжают вдувными отверстиями и вентилями, при отверждении стержней в стержневом ящике – толкателями и т.д. Стержневые ящики могут быть односторонними и многосторонними.

В соответствии с чертежом отливки поверхности стержневого ящика, перпендикулярные разъёму стержневого ящика, снабжаются литейными уклонами. Размеры стержневого ящика (и стержня) определяются с учётом усадки металла отливки. Рабочие поверхности стержневого ящика сопрягаются посредством литейных радиусов.

Модели, стержневые ящики, подмодельные плиты и другие виды литейной оснастки изготавливают в модельном цехе машиностроительного завода по соответствующим чертежам, разработанным на основании чертежа отливки.

2.4. Плавка металла, заливка форм, затвердевание и охлаждение отливки в форме

Эти этапы не отличаются от аналогичных этапов общей схемы литейного производства. Затвердевание и охлаждение отливки в песчаной форме значительно медленнее, чем, например, в тонкостенных формах, и особенно в металлических. Поэтому при производстве

массивных отливок в песчаных формах отличается некоторое снижение механических свойств металла, снижается выход годного.

2.5. Технологический процесс изготовления песчано – глинистой формы

Модель технологического процесса изготовления песчано – глинистой формы включает следующие технологические операции: изготовление формовочной смеси, изготовление стержневой смеси, изготовление стержней (песчаных), изготовление нижней и верхней полуформ, сборку формы.

2.5.1. изготовление формовочных и стержневых смесей

Песчано-глинистая форма изготавливается из формовочной смеси, в состав которой входят: оборотная (отработанная) формовочная смесь, кварцевый песок, огнеупорная глина, вода техническая, а также различные технологические добавки – каменный уголь, пылевидный мазут, поверхностно – активные вещества, крепители, асбест и др. Оборотная формовочная смесь перед употреблением подвергается магнитной сепарации для отделения металлических включений, дроблению, охлаждению. Кварцевый песок, поставляемый в сыром виде, разрыхляется и дробится, просеивается, сушится, охлаждается, просеивается в сухом виде. Каменный уголь подсушивают при температуре до 100 С, дробят, подвергают магнитной сепарации, измельчают до размера менее 0,2 мм.

Основу стержневых смесей составляет сухой кварцевый песок. В качестве связующих материалов применяют глину огнеупорную, растительные и минеральные масла, сульфитно-спиртовую барду, жидкое стекло, сухие (порошкообразные) и жидкие смолы (феноло - формальдегидные, карбамидно-фурановые) с катализаторами и др. Кроме песка и глины, другие стержневые материалы специальной обработке не подвергаются.

Конкретный состав песчано-глинистых формовочных смесей зависит от вида заливаемого сплава, толщины стенок и массы отливок, состояния формы перед заливкой (сырые формы, сухие или подсушенные), назначения (облицовочная, наполнительная, единая). В качестве примера в таблице 2.1 приведён состав единой формовочной смеси для формовки по-сырому

Ориентировочный состав единой формовочной смеси для формовки по-сырому

Таблица 2.1

Материалы	Составы (в % по массе)	
	начальный	рабочий
Песок кварцевый формовочный	основа	3-8
Оборотная смесь	-	основа
Глина огнеупорная формовочная	8-15	1-3
Сульфитно-дрожжевая бражка*	до 3	до 1.5
Уголь каменный молотый**	0.5-3	до 1.5
Вода техническая	3-7	до влажности 3-7%

*смесь для стального и чугунного литья ; **смесь для чугунного литья

Для перемешивания составляющих формовочных и стержневых смесей используют несколько видов смесителей, наилучшими из которых по качеству приготавливаемой смеси являются смешивающие бегуны с вертикальными катками модели 112. Сначала в бегуны

загружают сыпучие материалы, затем жидкие и воду. Время перемешивания формовочных смесей составляет 4-6 мин, стержневых – до 10 мин. Для достижения высокого качества смесей необходима точная дозировка исходных материалов. После приготовления формочные смеси перегружают в бункеры, где они «вылѣживаются» 2-3 и более часов для выравнивания влажности. Формовочные смеси контролируют на влажность, газопроницаемость, прочность на сжатие, стержневые – на прочность при растяжении сухих (отверждённых) образцов – «восьмѐрок», газотворность, податливость, газопроницаемость и др.

2.5.2. Изготовление песчаных стержней

Большинство песчаных стержней изготавливают в стержневых ящиках. Способы изготовления песчаных стержней определяются типом производства, агрегатным состоянием стержневых смесей (сыпучие, пластичные, жидкие), методом заполнения смесью стержневого ящика и её уплотнения, физико-химическими процессами затвердевания стержня. В литейном производстве применяют следующие способы изготовления стержней: ручное уплотнение с последующей тепловой сушкой, пескодувное уплотнение с последующей тепловой сушкой, центробежный способ, изготовление стержней прессованием с последующей тепловой сушкой (мундштучный способ), ручное уплотнение с отверждением стержня CO₂, пескодувное уплотнение с отверждением CO₂, изготовление стержней в нагреваемой оснастке, изготовление стержней в холодной оснастке из самотвердеющих смесей, изготовление стержней в холодной оснастке с отверждением газообразным катализатором, изготовление оболочковых стержней, гидромеханический способ и др. Наибольшее применение в массовом производстве получили: изготовление стержней в нагреваемой оснастке, изготовление оболочковых стержней. Представляют интерес процессы изготовления стержней в холодной оснастке с отверждением газообразным катализатором, гидромеханический способ.

2.5.3. Изготовление песчано-глинистых полуформ и сборка формы

Процесс изготовления собственных песчано-глинистых полуформ называют формовкой. В литейном производстве используют различные виды формовки: формовка в почве по шаблонам и моделям, в опоках, безопасная формовка, формовка в стержнях. Наибольшее применение имеет формовка в двух опоках – ручная или машинная. Ручная формовка применяется в индивидуальном производстве, машинная – в серийном и массовом. Характерной особенностью ручной формовки является зависимое изготовление нижней и верхней полуформ, так как полумодели «верха» и «низа» не закреплены на подмодельных плитах. При машинной формовке нижняя и верхняя полуформы изготавливаются параллельно и независимо друг от друга. Точное совпадение рабочих плоскостей двух полуформ обеспечивается строгим закреплением полумоделей «верха» и «низа» на подмодельных плитах по отношению к системе координат – центрирующим штырям. На нижней подмодельной плите жестко закрепляют и модели элементов литниковой системы – зумпфа и питателей, на верхней подмодельной плите – модель шлакоуловителя. Модели выпоров, стояка с чашей и прибылей делают, как правило, съёмными, устанавливаемыми на верхнюю модель с помощью цилиндрического выступа (штифта). Изготовление (формовка) нижней полуформы включает следующие: установку на подмодельную плиту нижней опоки, нанесение на поверхность модели и подмодельной плиты разделительного материала (сухого или жидкого), засыпку в опоку формовочной смеси, уплотнение формовочной смеси в опоке, срезание излишка смеси, выполнение вентиляционных наколов на верхней плоскости полуформы (при необходимости), извлечение (протяжка) модели.

Плотность исходной формовочной смеси находится в пределах 1000-1200 кг/м³, уплотненной – 1700-1850 кг/м³. Извлечение модели из нижней полуформы (протяжка модели) достигается за счёт параллельного перемещения подмодельной плиты с нижней полумodelью вниз, или перемещение нижней опоки с уплотнённой формой вверх. Конкретная схема протяжки модели зависит от геометрической сложности модели, способа уплотнения смеси и, в конечном счёте, от конструкции формовочной машины. При извлечении модели из формы применяют вибрацию.

Операция изготовления верхней полуформы аналогична операции изготовления нижней полуформы. Однако, после установки на верхнюю подмодельную плиту верхней опоки устанавливают также съёмные модели элементов литниковой системы – выпоров, чаши и стояка, прибылей. При некоторых способах уплотнения формовочной смеси в опоке (прессование, встряхивание с подпрессовкой и др.) на опоку устанавливают еще один элемент оснастки – дополнительную рамку (на рис 2.9 не показана), и формовочную смесь засыпают всю сразу – в опоку и в дополнительную рамку. После уплотнения смеси указанными способами дополнительную рамку с опоки снимают, затем срезают излишки смеси и делают вентиляционные наколы. Операция сборки формы включает следующие переходы: установку нижней полуформы на подопочный щиток (плиту) плоскостью разъѐма сверху, установку стержней, обдув нижней полуформы для удаления комочков формовочной смеси и пыли, установку верхней полуформы на нижнюю по штырям, установку груза (или скрепление полуформ скобами, болтами). Максимальное время между сборкой формы и заливкой металла в сырые формы не должно превышать 6 часов.

2.5.3.1. Способы уплотнения песчано-глинистых форм

В практике литейного производства применяют следующие способы уплотнения песчано-глинистых форм: ручное уплотнение, уплотнение пневмотрамбовкой, встряхивание с подпрессовкой, прессование верхнее, прессование нижнее, прессование дифференциальное (многоплунжерной колодкой, дифрагменное), вибропрессование, пескодувное с подпрессовкой, пескометное, импульсное (формовка взрывом). Наибольшее применение в массовом производстве имеют встряхивание с подпрессовкой, прессование верхнее (до 40 кгс/см²), прессование дифференциальное. Перспективным способом уплотнения представляет импульсное уплотнение, уже нашедшее признание в промышленности.

2.6. Выбивка отливок из формы

Извлечение отливок из песчано-глинистой формы осуществляется путѐм её разрушения и называется выбивкой. Для выбивки отливок применяют в основном вибрационные решѐтки. При этом песчаную форму ставят на раму вибрационной решѐтки и включают двигатель. Благодаря вибрации песчаная форма разрушается, формовочная смесь просыпается через ячейки решѐтки на транспортное устройство и доставляется в смесеприготовительные отделения. Отливка остаѐтся на решѐтке, откуда транспортируется в обрубное отделение для финишной обработки. При выбивке отливок частично выбиваются и стержни.

2.7. Финишная обработка

Финишная обработка отливок включает операции обрубки, очистки, зачистки, выбивки стержней, термообработку (при необходимости), исправление дефектов, контроль, окраску(грунтовку), иногда – эмалирование, первичную механическую обработку отливок.

Обрубка – это отделение от отливок литниковой системы, а также удаление остатков питателей и крупных заусенцев (заливов). Литниковую систему чугунных отливок отбивают, отливок из пластичных сплавов – отрезают газовой или воздушно-дуговой резкой, ленточными или дисковыми пилами.

Очистку отливок от пригоревшей песчаной смеси производят в галтовочных барабанах, методами дробомѐтной, дробеструйной и вибрационной очистки, гидropескоструйным и электрохимическим способами.

Зачистка отливок предусматривает удаление с поверхности следов литниковой системы, заливок по плоскости разъѐма, прочих заусенцев наждачными кругами, иногда – в штампах на специальных прессах.

Стержни мелких отливок выбиваются при очистке в галтовочных барабанах и при дробеметательной очистке. Стержни из крупных отливок выбиваются в гидравлических камерах методом электрогидравлической выбивки.

В зависимости от вида сплава в литейных цехах выполняют следующие виды термообработки: отжиг белого чугуна на ковкий чугун, гомогенизацию, старение, отжиг и отпуск алюминиевых и магниевых сплавов, отжиг или нормализацию отливок из стали.

Исправление дефектов отливок (усадочные раковины, трещины) производят газовой или электродуговой сваркой с подогревом или без подогрева отливок, пайкой, металлизацией, пропиткой специальными составами.

Контроль качества отливок – одна из наиболее ответственных операций финишной обработки. В зависимости от предъявляемых требований отливки, могут контролироваться визуально (или с помощью приборов) по следующим параметрам: качество поверхности, наличие наружных и скрытых дефектов, макро и микроструктура, твёрдость, прочность и другие механические свойства отливки, геометрическая и массовая точность, коррозионная стойкость, герметичность, немагнитность и др.

Наряду с разрушающими методами контроля (механическое разрезание отливок для контроля внутренних дефектов, механических свойств и микроструктуры) применяют и неразрушающие методы: ультразвук, электромагнитные колебания, магнитную дефектоскопию, рентгенографию и рентгеноскопию, методы проникающих жидкостей.

Операция грунтовки (окраска отливок) производится либо путём окунания (погружения отливок в нитрокраску), либо пневматическими пистолетами в окрасочных камерах с последующей естественной сушкой.

В некоторых случаях в обрубных отделениях литейных цехов производят первичную механическую обработку отливок (обработка базовых поверхностей).

При производстве отливок сантехнического назначения (ванн, раковин) в литейных цехах выполняют и операцию эмалирования.

2.8. Достоинства и недостатки процесса литья в песчано-глинистые формы

К достоинствам процесса литья в песчано-глинистые формы следует отнести:

- универсальность процесса, т.е. возможность получать отливки из любых сплавов, любых размеров и массы, любой геометрической сложности в условиях индивидуального, серийного или массового производства;
- низкая стоимость литья;
- высокая производительность – до 180-240 форм в час (на опочных автоматических линиях) и до 500 форм в час (безопасная формовка);
- возможность механизации (литейные конвейеры) и полной автоматизации процесса (автоматические литейные линии).

К недостаткам процесса относятся:

- большой объём применяемых вспомогательных материалов, что влечёт за собой необходимость в значительных производственных площадях и в специальном оборудовании для их переработки;
- большой объём отходов (нерешённость вопросов экологии);
- недостаточная точность и качество поверхности отливок, и как следствие – большие потери металла в стружку;
- пониженные механические свойства металла при производстве толстостенных отливок (из-за пониженной скорости затвердевания);
- неблагоприятные условия труда в литейном цехе.

3. Специальные способы литья

Специальные способы литья по сравнению с литьём в песчаные формы обеспечивают большую точность отливок, повышают качество поверхности, снижают припуски на механическую обработку. Некоторые из них позволяют резко сократить или ликвидировать потребность в формовочных и стержневых материалах, улучшить условия труда. Стоимость деталей, как правило, уменьшается. Однако в некоторых случаях стоимость литых заготовок может повышаться. Общий объём производства литых заготовок специальными способами литья в машиностроении не превышает 15%.

3.1 Литьё по выплавляемым моделям

При этом способе расплавленный металл заливают в многослойные неразъемные тонкостенные керамические формы, изготовленные по выплавляемым моделям. Этим способом отливают сложные, но небольшие по массе детали и заготовки из углеродистых и легированных сталей, твёрдых сплавов, сплавов на основе титана, меди и алюминия. Неразъемную литейную форму изготавливают по неразъемной модели из легкоплавкого материала (парафин, стеарин, церезин) путём многократного погружения в жидкую огнеупорную суспензию с последующей обсыпкой кварцевым песком и подсушкой на воздухе (или в атмосфере аммиака), после чего модель из формы выплавляют и в образовавшуюся полость заливают расплавленный металл.

Технологический процесс изготовления отливки по выплавляемым моделям включает:

Первый этап (выплавить жидкий металл) определяется, как правило, видом заливаемого сплава. Для черных сплавов в большинстве случаев применяют индукционную плавку в печах высокой или промышленной частоты, для легкоплавких цветных сплавов – возможно применение электропечи сопротивления. Специфическим для рассматриваемого ТП является второй этап – изготовить форму по выплавляемым моделям.

Второй этап включает шесть основных операций: изготовить модель из легкоплавкого материала, изготовить модельный блок, образовать огнеупорную многослойную оболочку, выплавить модельный состав из формы, прокалить форму.

Толщина стенок многослойной керамической формы от 4 до 6 мм, число слоёв – от 3 до 10. Исходным материалом для формы служит огнеупорное покрытие (суспензия), включающее пылевидный кварц (или мелкий кварцевый песок) в сочетании с гидролизированным раствором этил силиката – $(C_2H_5O)_4Si$. Пример состава гидролизованного раствора этил силикат (в % по массе): ацетон – 40, этил силикат – 40, вода подкисленная (вода + 1,5 % HCL) – 20. Суспензия в свою очередь включает: кварц пылевидный – 70 %, гидролизированный раствор этилсиликата 30 %. Возможны и другие соотношения.

Третий этап ТП – залить металл в форму. После прокалки форму извлекают из печи и без охлаждения заливают расплавленным металлом. Заливка металла в раскаленные формы способствует получению тонкостенных отливок сложной геометрической формы. Возможна заливка форм центробежным способом.

Четвертый этап – выдержать металл в форме для затвердевания и охлаждения.

Заливка осуществляется ручными ковшом небольшой емкости.

Пятый этап – выбить блок отливки из формы. После затвердевания и охлаждения отливок в форме контейнер переворачивают, песок возвращают для повторного использования, блок отливок с керамикой окончательно охлаждают.

Шестой этап – выполнить финишную обработку. Она включает, как правило, отбивку керамики, отделение литников, выщелачивание остатков керамики, промывку в горячей воде, сушку, термообработку, зачистку, контроль отливок. Керамику от отливки отделяют на виброустановках, однако на некоторых поверхностях и в отверстиях керамика остается. После этого отливки отделяют от литниковой системы и помещают в расплав щелочи для окончательного удаления остатков керамики (время выщелачивания до 3-х часов). Очищенные отливки промывают горячей водой, высушивают, зачищают заусенцы и остатки литниковой системы, подвергают окончательному контролю.

Достоинства процесса:

- высокие точность и качество поверхности отливки, позволяющие на 80% и более исключить последующую механическую обработку;
- снижение себестоимости деталей на 30-70%;
- возможность получения сложных тонкостенных отливок (до 0,6 мм.) из сталей и твердых сплавов;
- отсутствие, в большинстве случаев, литейных стержней;
- высокая производительность в условиях массового производства – до 100 блоков в час;
- возможность полной автоматизации (наличие автоматизированных линий, агрегатов, установок);
- значительное улучшение условий труда.

Недостатки процесса:

- высокая себестоимость 1 тонны литых заготовок – в 10 и более раз выше, чем при литье в песчано-глинистых формах;
- сложность технологического процесса и длительность технологического цикла;
- ограничение отливок по размерам (до 250 мм) и массе (до 10 кг)

3.2 Литье в оболочковые формы

При этом способе литья расплавленный металл заливают в тонкостенные оболочковые формы, изготовленные из песчано-смоляных смесей по нагреваемой оснастке. Толщина оболочковых форм от 5 до 20 мм, форма состоит из 2-х полуформ, которые, как правило, склеиваются. Применяют оболочковые формы, как с вертикальной, так и с горизонтальной плоскостями разъема. Для получения внутренних плоскостей отливок используют песчано-смоляные оболочковые (тонкостенные), либо монолитные стержни. Форма и стержни имеют высокую газопроницаемость, что способствует хорошему заполнению формы металлом, получению тонкостенных отливок. Оболочковая смесь состоит из сухого кварцевого формовочного песка (основа смеси) и порошкообразной фенолоформальдегидной терморезактивной смолы (5-7% по массе). Применяют либо механические смеси, либо плакированные. В последнем случае смола наносится на поверхность зерен песка по специальной технологии. Терморезактивная смола при нагревании расплавляется, а затем необратимо затвердевает. Термостойкость затвердевшей смолы – свыше 700 °С

Оболочковые формы изготавливают по нагреваемой металлической оснастке бункерным, либо пескоструйным способом. Широкое применение в промышленности нашел бункерный способ, который обеспечивает лучшее качество оболочковых форм. Оболочковые полуформы изготавливают одновременно: на одной подмодельной плите монтируют две полумодели. Материал моделей – сталь, серый чугун.

Литье в оболочковые формы применяют при производстве ответственных отливок из стали, серого и высокопрочного чугунов, бронзы, латуни в условиях серийного и массового производства (коленчатые валы из высокопрочного чугуна, гильзы ребристых цилиндров из серого чугуна для тракторных двигателей и мотоциклов, детали гидронасосов, рабочие и направляющие колеса турбонасосов, звенья цепей из жаростойкого сплава, вентили и др.).

Технологический процесс литья в оболочковые формы можно разделить на:

- выплавить жидкий металл – определяется в основном видом заливаемого сплава. Для плавки в частности, черных металлов широко используются дуговые электроды.
- заливка металла в формы осуществляется с помощью чайниковых ковшей средней емкости (до 500 кг).

Специфику ТП определяет:

Изготовить оболочковую форму. Этот этап включает : изготовить оболочковую смесь, изготовить стержни , изготовить оболочковые полуформы , собрать и скрепить оболочковую форму , охладить и установить оболочковую форму в контейнер , засыпать форму дробью .

Залить металл в форму. Оболочковая форма хорошо заполняется металлом благодаря её низкой теплопроводности и хорошей газопроницаемости.

Выдержать металл в форме для затвердевания и охлаждения. Благодаря чугунной дроби процесс затвердевания, и охлаждения отливки в форме значительно ускоряется, что способствует повышению механических свойств металла. При затвердевании и охлаждении отливки в форме стенки оболочковой формы сильно разогреваются, смола частично выгорает, форма разрушается.

Выбить отливку из формы (выбивка). Контейнер опрокидывают на выбивную решетку, чугунная дробь возвращается для повторного использования, части оболочковой формы идут на выброс (в отвал), отливку направляют на охлаждение и финишную обработку.

Выполнить финишную обработку. По содержанию эта операция мало отличается от финишной обработки отливок при литье в песчано-глинистые формы.

Достоинства процесса:

- повышенные точность и качество поверхности отливки;
- возможность получения сложных тонкостенных отливок из черных сплавов (серый чугун до 1,5 мм, сталь – до 3 мм);
- высокая производительность в условиях массового производства – до 300 форм в час;
- возможность полной автоматизации (наличие одного – двух – четырех позиционных автоматов, автоматических линий);

Недостатки процесса:

- нерешенность вопросов экологии: значительные выделения вредных газов на всех этапах технологического процесса, большой объем отходов, высокая стоимость, газоочистки и регенерации отходов;
- высокая стоимость фенолоформальдегидной смолы;
- ограничение отливок по размерам (до 1000 мм) и массе (до 100 кг).

3.3 Литье в металлические формы (в кокиль)

При литье в металлические формы (кокиль) расплавленный металл заливают в многократные металлические формы под действием сил гравитации.

В качестве материала для металлических форм применяют серый чугун, углеродистую сталь, алюминиевые сплавы с анодированной рабочей поверхностью. Толщина стенок кокиля составляет от 20 до 100 мм и зависит от толщины стенок отливки. Толщина кокиля должна быть по возможности равномерной. Для повышения стойкости кокиля, а также производительности процесса, кокили снабжают жидкостным охлаждением (водяным, масляным).

По конструкции кокили бывают: вытряхные, с вертикальным разъемом, с горизонтальным разъемом, створчатые, с комбинированным разъемом, стопочные. Для повышения стойкости кокили изготавливают из нормализованных элементов (пластин), игольчатыми, методами порошковой металлургии.

При литье в металлические формы применяют как металлические (для простых полостей), так и песчаные литейные стержни (для сложных полостей). Для выталкивания отливки из кокиля используют толкатели диаметром 10-20 мм, которые изготавливают из углеродистой стали.

Большую роль при формировании отливки в металлической форме играет покрытие рабочей поверхности кокиля огнеупорным материалом (мел, графит, тальк, глина огнеупорная, жидкое стекло и др.) – окрашивание кокиля.

Краски бывают разовые и многократные. Они защищают поверхность кокиля от резкого термического удара при заливке металла, повышая его стойкость, предотвращают приваривание заливаемого металла к стенкам кокиля, позволяют регулировать скорость затвердевания отливки. Толщина краски обычно не превышает 1 мм. Толстостенные покрытия поверхности кокиля (свыше 1 мм.) называют облицовками. Литье в кокили с разовой облицовкой из терморезактивных смесей (толщиной 3-10 мм.) относят к отдельному технологическому процессу – литью в облицованный кокиль.

Литьем в кокиль получают фасонные заготовки из серого, ковкого и высокопрочного чугунов, сталей, алюминиевых, магниевых и медных сплавов (блоки и головки блоков двигателей, поршней из алюминиевых сплавов, ступицы колес из ковкого чугуна, станины электродвигателей из серого чугуна, стойки плуга из высокопрочного чугуна, крышки, втулки из медных сплавов и др. В нашей стране объем кокильного литья по черным сплавам достиг 5-10%, по цветным – 40-50% от общего выпуска литья.

Технологический процесс включает:

Специфика определяется в основном вторым этапом –подготовить металлическую форму – в свою очередь включающая шесть основных операций :подогреть металлическую форму , окрасить рабочую полость металлической формы , выдержать металлическую форму для подсушки краски , изготовить стержневую смесь , изготовить песчаные стержни , собрать металлическую форму .

Рассмотрим основные операции по подготовке металлической формы.

Первая операция – подогреть металлическую форму. Рабочая температура кокиля находится в пределах 150-250⁰С (но не ниже 100⁰С) Кокиль подогревают с целью удаления из рабочей полости влаги (предотвращение взрыва), лучшего заполнения рабочей полости кокиля расплавленным металлом, некоторого снижения скорости затвердевания отливки, подсушки краски, улучшения качества окраски. Кокили подогревают газовыми горелками, редко электронагревателями. В процессе работы кокиль разогревается от периодически заливаемого расплавленного металла. Регулирование теплового режима кокиля, его стабилизация является сложной технической задачей, нерешенной в полной мере до настоящего времени.

Вторая операция – окрасить рабочую поверхность металлической формы). Краску наносят в большинстве случаев пульверизатором. При литье черных сплавов в качестве огнеупорного покрытия используют иногда ацетиленовую копоть. Окраску кокиля производят либо каждый цикл (разовые покрытия), либо периодически (многократные покрытия).

Третья операция –выдержать металлическую форму для подсушки краски . Выдержка обычно не превышает нескольких десятков секунд. В некоторых случаях после окраски металлическую форму подогревают дополнительно.

Четвертая и пятая операции - изготовить стержневую смесь (2.4) и изготовить песчаные стержни (2.5) практически не отличаются от аналогичных операций при литье в песчано-глинистую форму. При литье в кокиль применяют песчаные стержни, изготовленные с применением тепловой сушки, в нагреваемой оснастке, оболочковые и др.

Шестая операция – собрать металлическую форму (2.6). При сборке формы части кокиля обдувают сжатым воздухом, соединяют, устанавливают при необходимости металлические или песчаные стержни, форму закрывают. Температура кокиля при этом не должна быть ниже указанных выше пределов .

Первый и третий этапы технологического процесса (выплавить жидкий металл и залить металл в форму) мало отличаются от аналогичных этапов при литье в песчано-глинистую форму. Однако время заливки металла в металлическую форму должно быть минимальным – из-за высокой скорости охлаждения заливаемого металла.

Четвертый этап – выдержать металл в форме для затвердевания и охлаждения резко отличается от аналогичного этапа при литье в песчано-глинистую форму.

В металлической форме скорость затвердевания и охлаждения отливки возрастают от нескольких раз, до нескольких десятков раз, что зависит от вида сплава и толщины стенок отливки. Ускоренное затвердевание отливки способствует формированию мелкозернистой структуры металла и повышению его механических свойств. Однако, при литье серого чугуна, на поверхности отливок образуется отбел (карбид железа Fe₃C) – твердая и хрупкая структура, не поддающаяся механической обработке. Отбел может быть устранен последующей термообработкой (отжигом), однако эта операция является дорогостоящей.

Пятый этап– извлечь отливку из формы. Для извлечения отливки металлическую форму раскрывают . При этом одна из полуформ обычно остается неподвижной. При движении подвижной полуформы отливка может двигаться вместе с ней, или остаться в неподвижной полуформе. Для решения конкретной задачи используют толкатели. После извлечения из кокиля отливку охлаждают на воздухе до комнатной температуры.

Шестой этап – выполнить финишную обработку. Из-за отсутствия пригарка и высокого качества поверхности кокильные отливки не подвергают в большинстве случаев очистке в голтовочных барабанах или в дробеметных камерах. Основные виды обработки – отделение литниковой системы, зачистка и обрубка заусенцев, выбивка стержней, контроль, грунтовка.

При механизации и автоматизации процесса применяют однопозиционные кокильные машины (автоматы), четырех-, шести-, восьми- и шестнадцати- позиционные карусельные машины, автоматические кокильные линии.

Достоинства процесса:

- повышенные прочность и качество поверхности отливки;
- повышенные механические свойства металла (кроме чугуна). Прочность возрастает на 50-70%, пластичность в 3-4 раза;
- отсутствие формовочных материалов и их переработки;
- резкое уменьшение отходов производства;

- высокая производительность в условиях массового производства: до 50 циклов в час на однопозиционных машинах, до 120 циклов в час на многопозиционных машинах и автоматических линиях;

- возможность полной автоматизации процесса.

- более благоприятные условия труда по сравнению с литьем в песчаные и оболочковые формы.

Недостатки процесса:

- образование отбела при литье серого и высокопрочного чугунов, анизотропность свойств по сечению отливок из других сплавов;

- низкая стойкость кокиля (100 – 2000 заливок) при литье черных сплавов (в то время как при литье цветных сплавов стойкость достигает 100 000 заливок);

- сложность получения тонкостенных отливок вследствие быстрого затвердевания металла;

- ограничение отливок по размерам (до 1000 мм) и массе (до 100 кг).

3.4 Литье под давлением

При литье под давлением расплавленный металл заливают в многократные металлические формы под давлением поршня. Давление может достигать 3 000 – 3 500 атм. и более. Время заполнения металлом рабочей полости не превышает 1 сек.

Металлическую форму (пресс-форму) изготавливают из инструментальных и высоколегированных сталей. Форма массивная, сложная по конструкции, включает до 100 и более составных частей. Соотношение между массой отливки и массой пресс-формы достигает 1: 1000. Рабочая полость пресс-формы имеет высокую точность и чистоту поверхности, подвергается шлифованию и полированию. Стоимость пресс-форм очень высокая, на один-два порядка дороже кокилей. При литье под давление используют только металлические стержни. Для извлечения отливок из формы применяют толкатели. Пресс-формы имеют только вертикальную плоскость разъема.

Процесс литья под давлением с горячей камерой прессования применяют при производстве отливок из легкоплавких сплавов, температура плавления которых не превышает 450⁰С (сплавы на основе олова, свинца, цинка). Камера прессования при этом располагается непосредственно в емкости с заливаемым металлом, что обеспечивает стабильный тепловой режим литья и возможность получения сложных тонкостенных отливок небольшой массы.

Процессы литья под давлением с холодной камерой прессования используют при получении отливок из более тугоплавких сплавов – магниевых, алюминиевых, медных, титановых. Камера прессования располагается вне ёмкости с заливаемым металлом.

Следует отметить, что технологический процесс литья под низким давлением, при котором рабочая полость формы заполняется расплавленным металлом под давлением воздуха или инертного газа (не более 6 атм) относится к самостоятельному процессу литья.

Литьем под давлением получают сложные по конфигурации тонкостенные отливки (с толщиной стенок до 1-1,5 мм.) с минимальными припусками на механическую обработку и точными литыми отверстиями массой от нескольких грамм (элементы замков "молния" из цинковых сплавов) до 50 кг. (головки цилиндров мотоциклетных двигателей, блоки четырех- и восьмицилиндровых автомобильных двигателей из алюминиевых сплавов, водопроводная арматура, тройники из латуни, судовая штуцерная арматура из бронзы, отливки из титановых сплавов).

Первый этап – выплавить жидкий металл. Мало отличается от аналогичного этапа при других способах литья

Второй этап – подготовить пресс-форму - включает такие важные операции, как подогрев пресс-формы и камеры прессования, нанесение смазки на рабочую поверхность пресс-формы и сборку формы. Подогрев необходим для удаления влаги, снижения величины усадочных напряжений и предотвращения образования трещин в отливках, облегчение заливки металла. Рабочая температура пресс-форм 120-130⁰С при литье алюминиевых сплавов, 300-350⁰С при литье медных сплавов, 450-500⁰С при литье титановых сплавов.

В начальный момент пресс-формы подогревают газовыми горелками или электронагревателями. В процессе литья тепловой режим пресс-формы регулируют с помощью водяного охлаждения.

Вторая важная операция – нанесение смазки на рабочую поверхность пресс-формы. Назначение смазки – предотвращение налипания заливаемого металла, уменьшение его эрозионного воздействия на стенки пресс-формы (повышение стойкости), снижение усилий при извлечении отливок, повышение качества их поверхности. Смазку наносят на рабочую поверхность пресс-формы пульверизатором периодически или каждый цикл. Смазки бывают жирные (на основе индустриальных масел с графитом, воском) и водные (растворы солей).

Третья операция – сборка пресс-формы. Перед закрытием пресс-форму обдувают сжатым воздухом. При необходимости в момент закрытия в рабочую полость формы автоматически вводятся металлические стержни.

Третий этап – залить дозу металла в камеру прессования. Масса заливаемого металла несколько превышает массу отливки и литниковой системы. При этом жидкий металл не может заполнить рабочую полость формы под действием сил гравитации, так как литниковый ход перекрыт нижним выталкивающим поршнем.

Четвертый этап – заполнить рабочую полость формы жидким металлом. Верхний прессующий поршень под действием механизма прессования движется вниз, воздействует на жидкий металл, последний оттесняет нижний выталкивающий поршень вниз, открывается литниковый ход и металл устремляется с большой скоростью (до 140 м/сек) в рабочую полость формы. Для удаления из формы воздуха и газов по плоскости разъема пресс-формы, вдоль металлических стержней и толкателей выполняют вентиляционные каналы (глубиной 0,05 – 0,15 мм, шириной 10-30 мм.). Однако до 40% воздуха и газа не успевает выйти из рабочей полости формы и остаётся в металле в виде газовой пористости. Это влечет снижение механических свойств отливки, её не герметичность, невозможность последующей термической обработки (при нагреве отливки в местах скопления газов появляются вздутия и коробления).

Пятый этап – выдерживать металл в форме для затвердевания и охлаждения. Отливка затвердевает и охлаждается в форме в условиях высокого давления, что способствует некоторому повышению механических свойств сплава.

Шестой этап – извлечь отливку из формы. Верхний прессующий поршень поднимается в исходное положение, нижний выталкивающий поршень двигается вверх, в результате чего затвердевший в камере прессования остаток металла (пресс-остаток) отделяется (отрезается) от литниковой системы, выталкивается сверху и сбрасывается в отходы на переплавку. После этого пресс-форма раскрывается, и отливка с литниковой системой извлекается из неё с помощью толкателей.

Седьмой этап – выполнить финишную обработку. В отличие от литья в песчано-глинистые и оболочковые формы она включает лишь отделение литниковой системы от отливки, зачистку заусенцев и контроль.

В настоящее время все технологические операции процесса литья под давлением автоматизированы, а заливка металла, извлечение отливки из формы и отделение литниковой системы от отливки – роботизированы. При литье под давлением применяют машины-автоматы, а также автоматизированные комплексы. Для уменьшения газовой пористости и повышения плотности заливаемого металла при литье под давлением применяют вакуумирование пресс-форм, предварительное заполнение рабочей полости формы кислородом (кислородный процесс), заполнение рабочей полости жидким металлом с подпрессовкой в процессе его затвердевания.

Достоинства процесса:

- высокая точность (припуски на обработку составляют 0,3-1 мм, уклоны менее 1 градуса) и качество поверхности отливки, в ряде случаев исключают последующую механическую обработку;
- возможность получения тонкостенных отливок (толщиной 1-1,5 мм) и точных литых отверстий (диаметром 1,5-2 мм), а также отверстий с резьбой (до М6);
- минимальный объем финишной обработки отливок;

- высокая производительность (на машинах с горячей камерой прессования) – до 300 циклов в час, с холодной – до 100 циклов в час);
- возможность полной автоматизации и роботизации;
- отсутствие формовочных и строжневых материалов и их переработки, а также отсутствие не перерабатываемых отходов производства;
- резкое улучшение условий труда по сравнению с литьем в песчаные, оболочковые и в металлические формы.

Недостатки процесса:

- наличие газовой пористости в массивных частях отливок, что влечет снижение их механической прочности, а также не допускает упрочняющие виды термообработки;
- высокая стоимость технологической оснастки (пресс-форм) и оборудования, в результате чего процесс рационален только в условиях массового производства;
- проблематичность литья под давлением отливок из черных сплавов;
- ограничение отливок по размерам (до 1000 мм в плоскости разъема формы) и массе (до 50 кг для алюминиевых сплавов).

3.5. Центробежное литьё

При центробежном способе литья расплавленный металл заливают во вращающуюся форму. Процессы заливки металла, а также его кристаллизации протекают под влиянием центробежных сил. Центробежная сила прямо пропорциональна массе вращающегося тела, расстоянию от оси вращения и квадрату числа оборотов.

Скорость вращения литейной формы – до 1500 оборотов в минуту. При центробежном литье используют металлические, керамические (по выплавляемым моделям), оболочковые, резиновые, а также песчаные формы, в том числе сырые песчано-глинистые формы. Ось вращения литейной формы может быть вертикальной, горизонтальной или наклонной.

При вращении литейной формы вокруг вертикальной оси свободная поверхность жидкости (расплавленного металла) приобретает форму параболоида вращения. При вращении литейной формы вокруг горизонтальной оси свободная поверхность вращающейся жидкости (расплавленного металла) имеет правильную цилиндрическую форму, но ось этой поверхности смещена сверху по отношению к оси вращения формы. Однако по мере затвердевания металла эксцентриситет постепенно уменьшается и в затвердевшей отливке полностью отсутствует.

При необходимости во вращающуюся металлическую форму вставляют песчаные стержни, с помощью которых можно получать сложные наружные или внутренние поверхности отливки. Для регулирования температуры металлических форм используют водяное, как правило, струйное охлаждение.

Центробежным способом получают тела вращения (кольца, втулки, гильзы цилиндров двигателей, маслоотделители для поршневых колец, вкладыши для подшипников, трубы), а также фасонные отливки из стали, чугуна, алюминиевых, магниевых, медных и цинковых сплавов. Этим способом отливают также цилиндрические трёх- и двухслойные (биметаллические) заготовки (валки прокатных станков, втулки подшипников). Многослойные заготовки получают последовательной заливкой во вращающуюся форму нескольких различных сплавов. Известен способ центробежного литья в металлические футерованные формы, покрытые разовой тонкостенной футеровкой из песчано-глинистой формовочной смеси. Толщина футеровки – до 50 мм. Используют также процесс центробежного литья под слоем флюса.

При получении центробежным способом фасонных заготовок используют, как правило, песчано-глинистые, оболочковые формы, а также формы по выплавляемым моделям и др.

Масса литых заготовок при центробежном литье составляет от нескольких десятков грамм (при литье в резиновые формы) до 60 т, диаметр – до 1500 мм, длина – до 10 м.

Этап заполнения формы жидким металлом. Он включает такие операции, как : ввести в форму заливочный желоб, залить в форму дозу металла, извлечь желоб из полости вращающейся формы. Заливочный желоб вводят в рабочую полость вращающейся формы через центральное отверстие в торцевой крышке, с помощью специального механизма.

При отливке коротких тел вращения расплавленный металл заливают во вращающуюся форму по неподвижному желобу. При производстве длинных тел вращения (трубы чугунные) металл заливают во вращающуюся форму с помощью подвижного желоба, перемещающегося вдоль оси формы. Дозирование металла осуществляется либо с помощью мерного ковша, либо непосредственным взвешиванием заливаемого в форму металла. Процесс заполнения металлом рабочей полости формы происходит под влиянием гравитационных и центробежных сил: расплавленный металл отжимается к стенкам вращающейся формы, образуя свободную внутреннюю цилиндрическую поверхность. При этом имеет место непрерывная пульсация жидкого металла вдоль стенок вращающейся формы. После заливки металла заливочный желоб из полости формы извлекают.

Затвердевание отливки во вращающейся форме также происходит при воздействии гравитационных и центробежных сил. Формирование толщины стенки отливки происходит от стенки формы к свободной поверхности, которая затвердевает последней. По мере увеличения толщины стенки отливки эксцентриситет свободной поверхности уменьшается. Пульсация жидкого металла относительно затвердевшего слоя, а также большая теплоотдача вращающейся формы способствуют формированию мелкозернистой структуры отливки, увеличению ее механических свойств. Однако, под влиянием центробежных сил усиливается ликвация (неоднородность структуры, неравномерность распределения примесей по сечению стенок отливки), кроме того на свободной поверхности отливки концентрируются неметаллические включения и газовые раковины. Точность внутренней поверхности отливки находится в прямой зависимости от точности дозирования заливаемого металла. Внутренняя поверхность отливки имеет, как правило, высокую шероховатость.

После охлаждения отливки до заданной температуры вращающуюся форму останавливают.

Извлекаем отливку. При центробежном литье в металлическую изложницу объем финишной обработки резко сокращается. Полностью отсутствуют работы по отделению от отливок литниковой системы, (литниковая система отсутствует) резко уменьшается трудоемкость зачистки заусенцев, так как форма не имеет плоскости разреза. Очистка отливки необходима лишь при использовании песчаных стержней.

Достоинства центробежного литья:

- возможность получения пустотелых отливок без стержней;
- экономия металла (до 30 и более процентов) на литниковой системе;
- повышенные механические свойства наружных слоев отливки;
- возможность получения многослойных (в том числе биметаллических) цилиндрических заготовок;
- возможности получения тонкостенных отливок при литье с вертикальной осью вращения;
- возможность полной автоматизации и роботизации ;
- относительно благоприятные условия труда.

Недостатки центробежного литья:

- низкие точность и качество внутренней поверхности отливок;
- высокая неоднородность структуры металла (ликвация);
- ограничение номенклатуры отливок (телами вращения) при литье с горизонтальной осью вращения формы;
- низкая стойкость изложниц при литье черных сплавов;
- недостаточная производительность при литье небольших отливок на машинах с горизонтальной осью вращения (10...15 отливок в час);

- образование отбела при литье чугуна в металлические вращающиеся формы-изложницы.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

ВАРИАН №1

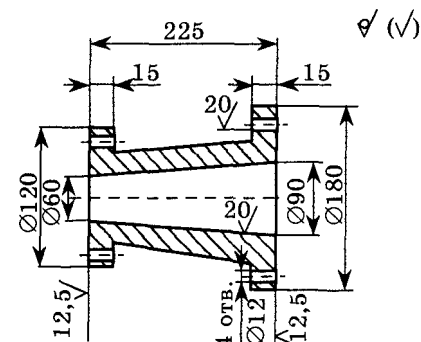


Рис.2.12. Чертеж детали:

материал — СЧ20; класс точности размеров 9; ряд припусков 4

Исходными документами служат чертежи деталей с указанием марки материала, основных размеров, шероховатости, **квалитетов** точности размеров и ряда припуска на механическую обработку. Примеры чертежей приведены на рис. 2.12, 2.13.

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту выдается чертеж детали будущей отливки. В соответствии с полученным чертежом необходимо выполнить следующие этапы.

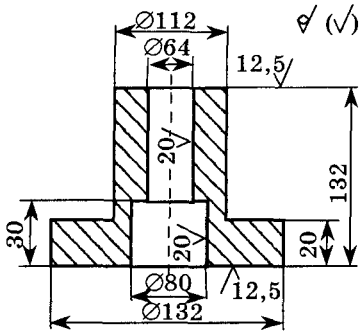
1. Начертить эскиз детали с указанием всех требований чертежа.
2. Выбрать положение отливки (модели) в форме с указанием плоскости разреза модели и формы.
3. Назначить и указать на эскизе припуски на механическую обработку отливки.
4. Назначить и указать на эскизе формовочные уклоны модели.
5. Выбрать контур стержней и их знаковые части.
6. Рассчитать **литниково-ую** систему.
7. Начертить эскиз модели и стержневого ящика.
8. Описать технологию сборки литейной **песчано-глинистой** формы и начертить эскиз ее вертикального разреза.

1. Выбор положения отливки в форме

Положение отливки в форме определяется положением модели при изготовлении полуформы. Модель располагают с учетом основного требования: извлечение ее из песчано-глинистой полуформы должно происходить без разрушения образующегося отпечатка. Кроме того, ответственные обрабатываемые поверхности

Рис.2.13. Чертеж детали: материал — сталь 45Л; класс точности размеров 9; ряд припусков 4

ВАРИАНТ №2



детали желательно располагать в литейных формах внизу или вертикально. Массивные части отливок или их преобладающая часть должны располагаться в нижней части литейной формы. В зависимости от сложности формы и конфигурации отливки модель изготавливают разъемной или неразъемной. Разъемная модель может состоять из двух или более частей. Плоскость разъема составной модели и полуформ обозначают линией и буквами **МФ**. Для неразъемной модели вводится одна буква — **Ф**. Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами **В** (верх), **Н** (низ) и стрелками (рис.2.14, 2.15).

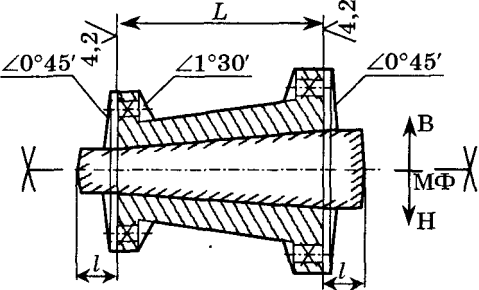


Рис.2.14. Эскиз отливки

2. Назначение припусков на механическую обработку

Припуск предусматривается только для тех поверхностей деталей, которые подлежат механической обработке. На чертеже детали при разработке чертежа отливки припуск обозначают тонкой линией, параллельной (эквидистантной) основной. Отверстия, впадины и другие элементы, не выполняемые при литье, зачерчиваются накрест сплошными тонкими линиями. Припуск зависит от типометалла и сплава, способа литья, положения рассматриваемой поверхности при заливке, группы сложности отливки, ее наибольшего габаритного размера, класса точности и рассматриваемого размера, характера производства, базы механической обработки и **качества** точности обработки детали по ГОСТ 26645-85.

Классы точности размеров отливки и ряды припусков на механическую обработку указываются на чертежах деталей. По известному классу точности определяются допуски для конкретных номинальных размеров отливки в соответствии с данными табл.2.4.

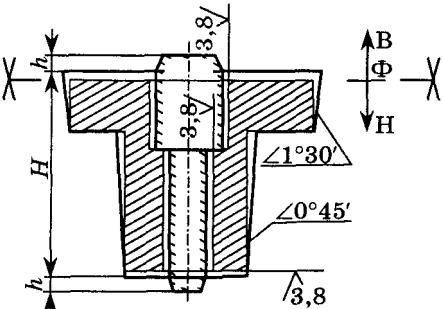


Рис.2.15. Эскиз отливки

Таблица 2.4
Зависимость допуща размеров отливок от класса точности

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности размеров отливок													
	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14
До 4	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	—	—	—	—
Свыше 4 до 6	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—
Свыше 6 до 10	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,2	5,0	—
Свыше 10 до 16	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7
Свыше 16 до 25	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8
Свыше 25 до 40	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,5	7,0	9
Свыше 40 до 63	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10
Свыше 63 до 100	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11
Свыше 100 до 160	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12
Свыше 160 до 230	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	6,0	9,0	11,0	14
Свыше 230 до 400	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16
Свыше 400 до 630	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,6	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18

Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами и перпендикулярных плоскости разъема, следует устанавливать соответствующими классу точности отливки. Допуски размеров элементов, образованные одной частью формы, **устанавливают** на 1-2 класса точнее.

Таблица 2.5
Зависимость основного припуска на механическую обработку от точности отливок

Допуски размеров отливок	Основной припуск для рядов, мм, не более					
	1	2	3	4	5	6
Свыше 0,20 до 0,24	0,5 0,7	0,8 1,1	1,1 1,5	— —	— —	— —
Свыше 0,24 до 0,30	0,6 0,8	0,9 1,2	0,2 1,6	1,3 2,2	2,6 3,0	— —
Свыше 0,30 до 0,40	0,7 0,9	1,0 1,3	1,4 1,3	1,9 2,4	2,8 3,2	— —
Свыше 0,40 до 0,50	0,8 1,0	1,1 1,4	1,5 2,0	2,0 2,6	3,0 3,4	— —
Свыше 0,50 до 0,60	0,9 1,2	1,2 1,6	1,6 2,2	2,2 2,8	3,2 3,6	— —
Свыше 0,60 до 0,80	1,0 1,4	1,3 1,8	1,8 2,4	2,4 3,0	3,4 3,8	4,4 5,0
Свыше 0,80 до 1,0	1,1 1,6	1,4 2,0	2,0 2,8	2,6 3,2	3,6 4,0	4,6 5,5
Свыше 1,0 до 1,2	1,2 2,0	1,6 2,4	2,2 3,0	2,8 3,4	3,8 4,2	4,8 6,0
Свыше 1,2 до 1,6	1,6 2,4	2,0 2,8	2,4 3,2	3,0 3,8	4,0 4,6	5,0 6,5
Свыше 1,6 до 2,0	2,0 2,8	2,4 3,2	2,8 3,6	3,4 4,2	4,2 5,0	5,5 7,0
Свыше 2,0 до 2,4	2,4 3,2	2,8 3,6	3,2 4,0	3,8 4,6	4,6 5,5	6,0 7,5
Свыше 2,4 до 3,0	2,8 3,6	3,2 4,0	3,6 4,5	4,2 5,0	5,0 6,5	6,5 8,0
Свыше 3,0 до 4,0	3,4 4,5	3,8 5,0	4,2 0,5	5,0 6,5	5,5 7,0	7,0 9,0
Свыше 4,0 до 5,0	4,0 5,5	4,4 6,0	5,0 6,5	5,5 7,5	6,0 8,0	8,0 10,0
Свыше 5,0 до 6,0	5,0 7,0	5,5 7,5	6,0 8,0	6,5 8,5	7,0 9,5	9,0 11,0
Свыше 6,0 до 8,0	— —	6,5 9,5	7,0 10,0	7,5 11,0	8,5 12,0	10,0 13,0
Свыше 8,0 до 10,0			9,0 12,0	10,0 13,0	11,0 14,0	12,0 15,0
Свыше 10,0 до 12,0			10,0 13,0	11,0 14,0	12,0 15,0	13,0 16,0
Свыше 12,0 до 16,0			13,0 15,0	14,0 16,0	15,0 17,0	16,0 19,0
Свыше 16,0 до 20,0			— —	17,0 20,0	18,0 21,0	19,0 22,0

Основной припуск на механическую обработку (на сторону) в зависимости от допусков размеров отливки следует устанавливать дифференцированно для каждого элемента в соответствии с данными табл. 2.5. Для каждого интервала допусков размеров отливки в каждом ряду припусков в табл. 2.5 предусмотрены два значения основного припуска. Меньшее устанавливают при более грубых **качествах** точности обработки деталей, большие — при более точных. Основные припуски следует относить к поверхностям отливки, находящимся при заливке снизу и сбоку. Для верхних поверхностей допускается увеличение припуска до значения, соответствующего следующему ряду припусков. Припуск указывается цифрой перед знаком шероховатости (см. рис.2,14, 2.15).

3. Нанесение уклонов на эскиз детали

Формовочные уклоны назначаются только на вертикальные поверхности модели, которые контактируют с формовочной смесью. Уклон зависит от высоты и материала модели и определяется по табл.2.6.

Таблица 2.6 Формовочные уклоны наружных поверхностей моделей или стержневых ящиков

Измеряемая высота, мм	Уклоны для моделей		Измеряемая высота, мм	Уклоны для моделей	
	металлических	деревянных		металлических	деревянных
До 20	1°30'	3°00'	Свыше 100 до 200	0°30'	0°30'
Свыше 20 до 50	1°00'	1°30'	Свыше 300 до 800	0°20'	0°30'
Свыше 50 до 100	0°45'	1°00'	Свыше 800 до 2000	0°15'	0°20'
Свыше 100 до 200	0°30'	0°45'	Свыше 2000	0°10'	0°15'

Примечания. 1. Формовочные уклоны выполняются: а) на обрабатываемых поверхностях — с учетом припуска на механическую обработку путем увеличения размеров отливки; б) на необрабатываемых поверхностях, которых не сопрягаются с другими элементами путемодновременно увеличения и уменьшения размеров отливки; в) на необрабатываемых поверхностях, которые сопрягаются с другими элементами — путем увеличения, уменьшения или одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки. 2. Уклоны местных небольших утолщений (бобышек, **пластиков**, планок, поясков) следует принимать 30-45°. 3. В ребрах жесткости уклон следует делать до 5-8°. 4. Формовочные уклоны литейных болванов нижней полуформы увеличиваются в 2 раза, а для верхней — в 4 раза по сравнению с данными таблицы. 5. Формовочные уклоны в стержневых ящиках рекомендуется выполнять аналогично модельным уклонам. Отливка, как и ее модель, также будет иметь соответствующие уклоны. Стандартное обозначение уклонов на эскизе отливки показано на рис.2.14, 2.15.

4. Выбор контура и знаковых частей стержня

Стержни предназначены для получения внутренней полости отливки. Конфигурация внутренней полости полностью соответствует конфигурации стержня без зазора, выступающие за пределы отливки части стержня называются знаками и служат для закрепления стержня в литейной форме. Знаковые части горизонтальных и вертикальных стержней различны (см. рис. 2.14, 2.15). Их длина (высота) определяются по данным табл. 2.7, 2.8

где d — диаметр, a , b — размеры сечения стержня некруглой формы по ГОСТ 3212-92.

Таблица 2.7

Длина горизонтальных стержневых знаков

Размер d или $(a + b)/2$, мм	Длина стержня L , мм			
	до 50	51-150	151-300	301-500
	длина знаков l , мм			
До 25	15	25	40	—
26-50	20	30	45	60
51-100	25	35	50	70
101-200	30	40	55	80

Таблица 2.8

Высота вертикальных стержневых знаков

Размер d или ($a + b$)/2, мм	Высота стержня H , мм							
	до 50		51-150		151-300		301-500	
	Высота знаков A , мм							
	верх	низ	верх	низ	верх	низ	верх	низ
до 25	15	20	15	25	—	—	—	—
26-50	15	20	20	40	35	60	40	70
51-100	15	25	20	35	30	50	40	70
101-200	20	30	20	30	25	40	35	60

Для вертикальных стержней высота верхней части стержня всегда меньше нижней. После определения размеров стержня его чертеж совмещается с чертежом отливки. Далее изображается зазор между знаковыми частями стержня и формы (в работе не определяется). Полученный внешний контур будет соответствовать контуру модели (рис.2.14, 2.15).

6. Расчет, изображение и обозначение литниковой системы

Литниковая система служит для заливки жидким металлом полости литейной формы, образованной стержнем и отпечатком модели. Состоит из заливочной чаши со стояком 1, шлакоуловителя 2, питателя 3, выпора 4, прибыли 5. Их расположение относительно отливки 6 представлено на рис. 2.16.

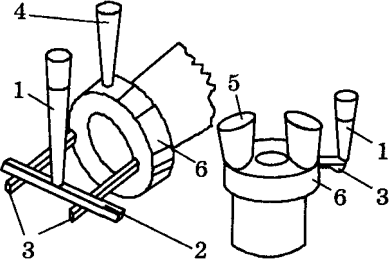


Рис.16. Эскизы Литвиновых систем

$F_{шл}$ и $F_{ст}$:
для серого чугуна $F_{п} / F_{шл} / F_{ст} = 1:1,1:1,15$;
для ковкого чугуна $F_{п} / F_{шл} / F_{ст} = 1:1,2:1,3$;
для стального литья $F_{п} / F_{шл} / F_{ст} = 1:1,2:1,4$.
Площади сечений обозначают следующим образом:
питателя — $F_{п}$; шлакоуловителя — $F_{шл}$; стояка — $F_{ст}$;
суммарные площади: питателей — $SS F_{п}$ стояков $SS F_{ст}$ и т.д.
Площади сечений элементов литниковой системы определяются из расчета сечения питателя $F_{п}$, и затем по соотношениям определяются
Суммарная площадь сечения питателей, $см^2$, равна

где G — масса отливок с припусками и литниковой системой, кг (масса литниковой системы и припусков для отливок из серого чугуна составляет до 20% массы детали, для ковкого чугуна —40-60%, для стального литья — 40-100%); m — коэффициент сопротивления литейной формы течению металла, выбираемый по табл.2.9; $H_{ср}$ — средний расчетный напор жидкого металла, см, определяемый по формуле

$H_{ст}$ — высота стояка от верхнего уровня литниковой чаши до верхнего уровня питателя (разъема литейной формы), см; высота стояка определяется путем прибавления к высоте модели верха

$$\Sigma F = \frac{G}{\mu t \cdot 0,31 \sqrt{H_{ср}}} , \quad H_{ср} = H_{ст} - \frac{h_b^2}{2h_o} ,$$

40-50 мм и округления полученного значения до ближайшего, кратного 25 мм; h_o — высота отливки в литейной форме при заливке, см; h_b — часть высоты от уровня питателя до наиболее высоко расположенной точки отливки, см; t — оптимальная продолжительность заливки,с.

Для стального и чугунного литья продолжительность заливки рассчитывается по формуле

$$t = S_1 \sqrt{\delta \cdot G} ,$$

где δ — преобладающая толщина стенок отливки или ее среднее значение, мм; S_1 — поправочный коэффициент, который выбирается для серого и ковкого чугунов по данным табл. 2.10, для стали — по табл. 2.11.

Таблица 2.9

Значения коэффициента

μ

Характеристика заливки	Сопротивление формы*		
	большое	среднее	малое
В сухую форму	0,30	0,38	0,50
В сырую форму	0,25	0,32	0,42

* Среднее сопротивление течению металла — при наличии одного поворота струи металла на 90° после выхода из питателя; большое сопротивление — при наличии более одного поворота струи металла на 90°; малое сопротивление — отсутствие поворотов струи металла на 90°.

Таблица 2.10

Значения S_1 для серого и ковкого чугуна

Вид чугуна	Толщина стенки отливки, мм		
	до 5	5-8	8-15
Серый	1,63	1,85	2,20
Ковкий	1,71	2,05	2,35

Таблица 2.11

Значения S_1 для стальных отливок

Температура металла и жидкотекучесть	Способ подвода металла		
	снизу сифоном	на 0,5 высоты отливки или ступенчатый	сверху
Нормальные	1,3	1,4	1,5-1,6
Повышенные	1,4-1,5	1,5-1,6	1,6-1,8

7. Эскизы стержневого ящика, модели и литейной формы

После расчета элементов **литниковой** системы вычерчиваются в эскизах: стержневой ящик, наполненный стержневой смесью (рис.2.17) модель верха или низа отливки (рис.2.18); литейная форма в сборе вертикальном разрезе (рис.2.19).

Эскизы вычерчиваются с графическим изображением элементов литейной формы, принятым по ГОСТ 3.1125-88.

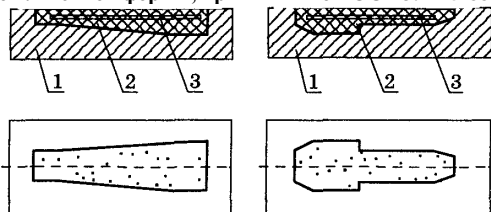


Рис.2.17. Эскизы стержневых ящиков:

1 — стержневой ящик; 2 — стержень; 3 — арматура

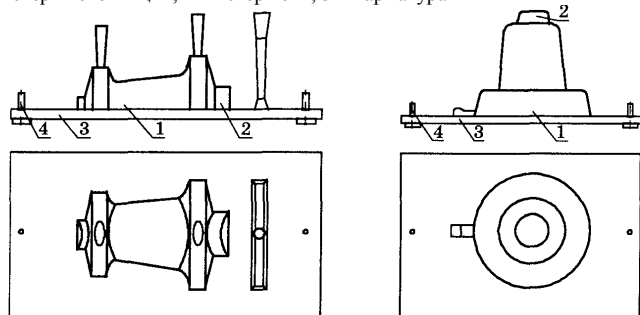


Рис.2.18. Эскизы модельных плит:

1 — модель отливки; 2 — модель знаковой части стержня;
3 — модельная плита; 4 — центрирующий штырь

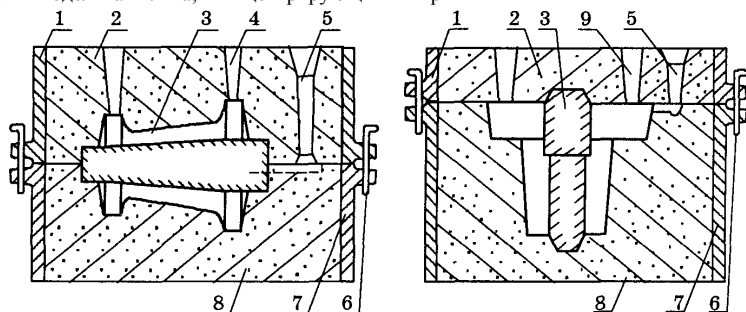


Рис.2.19. Эскизы литейных форм в сборке: 1 — верхняя опока;
2 — верхняя полуформа; 3 — стержень; 4 — выпор; 5 — стояк;
6 — штырь; 7 — нижняя опока; 8 — нижняя полуформа; 9 — прибыль