

Тема: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

1. Литейные технологии
2. Требования к литейным сплавам
3. Изготовление отливок в песчаных формах
4. Литье по выплавляемым моделям

1. ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Литейным производством называется технологический процесс получения фасонных деталей или заготовок путем заливки расплавленного металла в формы. После затвердевания металла в форме получается отливка, служащая, как правило, заготовкой для изготовления детали.

Отливки получают из черных металлов и сплавов (стали, серого и ковкого чугуна), а также из цветных металлов и сплавов (алюминиевых, магниевых, медных – бронзы, латуни и т.д.). Детали из них составляют от 25 до 90% веса отдельных машин. Литьем изготавливают как простые, так и самые сложные детали автомобилей, тракторов (поршни, поршневые кольца, гильзы и блоки цилиндров двигателей, корпуса насосов, компрессоров, коробки передач, шестерни и др.), металлорежущих станков, прокатных станов и т.д.

Метод литья является универсальным: используя его, можно изготавливать изделия весьма сложной конфигурации, которые при помощи других видов обработок –ковки, штамповки, сварки – получить или значительно труднее, или невозможно. Стоимость литой детали в большинстве случаев оказывается ниже стоимости аналогичной детали, изготовленной другими методами.

Литейное производство в составе машиностроительных предприятий отвечает за изготовление литых заготовок деталей машин. Литейные технологии предполагают заливку расплавленного металла в специально приготовленную форму. Жидкий металл течет и заполняет полость формы.

При дальнейшем охлаждении происходит кристаллизация металла – его переход в твердое состояние. Твердый металл сохраняет геометрию той полости, в которую он был залит.

Литейные технологии – самый энергетически выгодный способ получения сложных деталей, который обеспечивает формообразование изделий непосредственно из расплавленного металла и использует способность расплава течь, заполняя полости с любой пространственной геометрией.

Этот способ используется не только для получения металлических деталей, но и изделий из пластмасс, базальта, керамики и стекла.

Способы изготовления отливок

Для изготовления отливок применяют различные способы литья: в песчаные формы, в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением, центробежное литье и др.

Литейная форма представляет собой систему элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка.

Литейные формы изготавливают как из неметаллических материалов (песчаные формы; формы, изготавливаемые по выплавляемым моделям; оболочковые формы) для однократного использования, так и из металлов (кокили, изложницы для центробежного литья) для многократного использования.

В разовых песчаных формах расплавленный металл заливается в форму, сделанную из плотно утрамбованного песка. Для того чтобы песчинки были крепко связаны между собой, песок смешивают с глиной, водой и другими связующими веществами.

В постоянных формах многократных:

Кокиль – разборная металлическая форма, используется многократно. После застывания и охлаждения, кокиль раскрывается и из него извлекается отливка. Заполнение кокиля происходит только под действие сил гравитации. Такой способ еще называют гравитационным литьем.

Под давлением – точное литье, под высоким давлением, под низким давлением – в металлические пресс-формы, заполнение расплавом под давлением.

Центробежное литье – получение литых заготовок во вращающихся металлических формах.

Непрерывное литье – профильное

Классификация литых заготовок

По условиям эксплуатации, независимо от способа изготовления, различают отливки:

- общего назначения, т.е. отливки для деталей, не рассчитываемых на прочность;
- ответственного назначения, т.е. отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при статических нагрузках;
- особо ответственного назначения, т.е. отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических и динамических нагрузках.

В зависимости от способа изготовления, массы, конфигурации поверхностей, габаритного размера, толщины стенок, количества стержней, назначения и особых технических требований отливки делят на 6 групп сложности:

1) гладкие и прямолинейные наружные поверхности, внутренние поверхности простой формы, небольшие ребра, бурты, фланцы, отверстия (крышки, рукоятки, диски, муфты, колеса);

2) сочетание плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей, внутренняя поверхность простой формы со свободными выходами (зубчатые колеса, буксы);

3) коробчатая и цилиндрическая форма в сочетании с криволинейными поверхностями, внутренние поверхности с выступами и углублениями (шпиндели, корпуса редукторов);

4) закрытая и частично открытая коробчатая форма, внутренние полости сложной конфигурации с большим количеством выступов и углублений (траверсы, лопасти гидротурбин);

5) блоки цилиндров, корпуса центробежных насосов;

6) отливки с особо сложными закрытыми коробчатыми и цилиндрическими формами. На наружных криволинейных поверхностях под различными углами пересекаются ребра, кронштейны и фланцы. Внутренние полости имеют особо сложные конфигурации с затрудненными выходами на поверхность отливки. Типовые детали – станины специальных металлорежущих станков (МРС), сложные корпуса центробежных насосов, детали воздуходувок, рабочие колеса гидротурбин.

В зависимости от способа изготовления типовых деталей, их габаритных размеров и типа сплавов ГОСТ 26645–85 устанавливает 22 класса точности.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ЛИТЕЙНЫМ СПЛАВАМ

Требования к материалам, используемым для получения отливок:

- состав материалов должен обеспечивать получение в отливке заданных физико-механических и физико-химических свойств; свойства и структура должны быть стабильными в течение всего срока эксплуатации отливки;

- материалы должны обладать хорошими литейными свойствами (высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой, низкой склонностью к образованию трещин и поглощению газов, герметичностью), хорошо свариваться, легко обрабатываться режущим инструментом;

- материалы не должны быть токсичными и вредными для производства;

- материалы должны обеспечивать технологичность в условиях производства и быть экономичными.

Литейные свойства сплавов

Получение качественных отливок (без раковин, трещин и других дефектов) зависит от литейных свойств, которые проявляются при заполнении формы, кристаллизации и охлаждении отливок в форме. К основным литейным свойствам сплавов относят: жидкотекучесть, усадку сплавов, склонность к образованию трещин, газопоглощение, ликвацию.

Жидкотекучесть – способность расплавленного металла течь по каналам литейной формы, заполнять ее полости и четко воспроизводить контуры отливки.

При высокой жидкотекучести сплавы заполняют все элементы литейной формы.

Жидкотекучесть зависит от многих факторов: от температурного интервала кристаллизации, вязкости и поверхностного натяжения расплава, температуры заливки и формы, свойств формы и т.д.

Чистые металлы и сплавы, затвердевающие при постоянной температуре, обладают лучшей жидкотекучестью, чем сплавы, затвердевающие в интервале температур (твердые растворы). Чем выше вязкость, тем меньше жидкотекучесть. С увеличением поверхностного натяжения жидкотекучесть понижается. С повышением температуры заливки расплавленного металла и формы жидкотекучесть улучшается. Увеличение теплопроводности материала формы снижает жидкотекучесть. Так, песчаная форма отводит тепло медленнее, и расплавленный металл заполняет ее лучше, чем металлическую форму. Наличие

неметаллических включений снижает жидкотекучесть. Получение качественных отливок (без раковин, трещин и других дефектов) зависит от литейных свойств, которые проявляются при заполнении формы, кристаллизации и охлаждении отливок в форме.

На жидкотекучесть влияет также химический состав сплава: с увеличением содержания серы, кислорода, хрома жидкотекучесть снижается; с увеличением содержания фосфора, кремния, алюминия, углерода жидкотекучесть увеличивается.

Усадка – свойство металлов и сплавов уменьшать объем при охлаждении в расплавленном состоянии, в процессе затвердевания и в затвердевшем состоянии при охлаждении до температуры окружающей среды.

Изменение объема зависит от химического состава сплава, температуры заливки, конфигурации отливки.

Различают объемную и линейную усадку.

В результате **объемной усадки** появляются усадочные раковины и усадочная пористость в массивных частях отливки. Для предупреждения образования усадочных раковин устанавливают прибыли – дополнительные резервуары с расплавленным металлом, а также наружные или внутренние холодильники.

Линейная усадка определяет размерную точность полученных отливок (поэтому она учитывается при разработке технологии литья и изготовления модельной оснастки) и составляет: для серого чугуна от 0,8 до 1,3%; для углеродистых сталей от 2 до 2,4%; для алюминиевых сплавов от 0,9 до 1,45%; для медных сплавов от 1,4 до 2,3%.

Газопоглощение – способность литейных сплавов в расплавленном состоянии растворять водород, азот, кислород и другие газы. Степень растворимости газов зависит от состояния сплава: увеличивается незначительно с повышением температуры твердого сплава; возрастает при плавлении; резко повышается при перегреве расплава. При затвердевании и последующем охлаждении растворимость газов уменьшается, в результате чего в отливке могут образоваться газовые раковины и поры.

Растворимость газов зависит от химического состава сплава, температуры заливки, вязкости сплава и свойств литейной формы.

Особенности изготовления отливок из различных сплавов

Отливки из серого чугуна в основном изготавливают в песчаных формах, без применения прибылей.

При изготовлении отливок из серого чугуна в кокилях, в связи с повышенной скоростью охлаждения при затвердевании, начинает выделяться цементит – появление отбеливания. Для предупреждения отбела на рабочую поверхность кокиля наносят малотеплопроводные покрытия. Кокили перед работой нагревают, а чугун подвергают модифицированию. Для устранения отбела отливки подвергают отжигу.

Отливки типа тел вращения (трубы, гильзы, втулки) получают центробежным литьем.

Отливки из высокопрочного чугуна преимущественно изготавливают в песчаных формах, в оболочковых формах, литьем в кокиль, центробежным литьем. Достаточно высокая усадка чугуна вызывает необходимость создания условий направленного затвердевания отливок для предупреждения образования усадочных дефектов в массивных частях отливки путем установки прибылей и использования холодильников.

Расплавленный чугун в полость формы подводят через сужающуюся литниковую систему и, как правило, через прибыль.

Особенностью получения отливок из ковкого чугуна является то, что исходный материал – белый чугун – имеет пониженную жидкотекучесть и это требует повышенной температуры заливки при изготовлении тонкостенных отливок. Для сокращения продолжительности отжига чугун модифицируют алюминием, бором, висмутом. Отливки изготавливают в песчаных формах, а также в оболочковых формах и кокилях.

Литейные стали имеют пониженную жидкотекучесть, высокую усадку (до 2,5%), склонны к образованию трещин.

Стальные отливки изготавливают в песчаных и оболочковых формах, литьем по выплавляемым моделям, центробежным литьем.

Для предупреждения усадочных раковин и пористости в отливках на массивные части устанавливают прибыли, а в тепловых узлах используют наружные или внутренние холодильники. Для предупреждения трещин формы изготавливают из податливых формовочных смесей, в отливках предусматривают технологические ребра.

Подачу расплавленного металла для мелких и средних отливок выполняют по разъему или сверху, а для массивных – сифоном. В связи с низкой жидкотекучестью площадь сечения питателей в 1,5–2 раза больше, чем при литье чугуна.

Для получения высоких механических свойств стальные отливки подвергают отжигу, нормализации и другим видам термической обработки.

Сплавы системы алюминий – кремний (силумины) имеют высокую жидкотекучесть, малую усадку (0,8–1%), не склонны к образованию горячих и холодных трещин, потому что по химическому составу близки к эвтектическим сплавам (интервал кристаллизации составляет 10–30 °С). Остальные алюминиевые сплавы имеют низкую жидкотекучесть, повышенную усадку, склонны к образованию трещин.

Отливки из алюминиевых сплавов изготавливают литьем в кокиль, под давлением и в песчаные формы. При литье в кокиль используют кокили с вертикальным разъемом. Для получения плотных отливок устанавливают массивные прибыли. Металл подводят через расширяющиеся литниковые системы с нижним подводом металла к тонким сечениям отливки. Все элементы литниковой системы размещают в плоскости разъема кокиля.

Медные сплавы склонны к образованию трещин. Отливки изготавливаются литьем в песчаные и оболочковые формы, литьем в кокиль, под давлением и центробежным литьем.

Для предупреждения образования усадочных раковин и пористости в массивных узлах отливок устанавливают прибыли. Для предупреждения появления трещин в отливках используют форму с высокой податливостью.

Для плавного поступления металла применяют расширяющиеся литниковые системы с верхним, нижним и боковым подводом. Для отделения оксидных пленок в литниковой системе устанавливают фильтры из стеклоткани.

Титановые сплавы имеют высокую химическую активность в расплавленном состоянии. Они активно взаимодействуют с кислородом, азотом, водородом и углеродом. Плавку этих сплавов ведут в вакууме или в среде защитных газов.

Основной способ производства титановых отливок – литье в графитовые формы, в оболочковые формы из нейтральных оксидов магния, циркония. При изготовлении сложных тонкостенных отливок применяют формы, полученные по выплавляемым моделям.

3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ

Технологический процесс изготовления отливок в разовых формах широко распространен в литейном производстве. Расплавленный металл заливается в форму, сделанную из плотно утрамбованного песка. Для того чтобы песчинки были крепко связаны между собой, песок смешивают с глиной, водой и другими связующими веществами. Песчаная форма состоит из двух полуформ.

Литье в песчаные формы является самым распространенным способом изготовления отливок. Изготавливают отливки из чугуна, стали, цветных металлов от нескольких граммов до сотен тонн, с толщиной стенки от 3 до 1000 мм и длиной до 10000 мм.

Используются компьютерные технологии при проектировании и подготовке производства. Конструктор создает цифровую модель литой детали, которая передается технологом. Технолог создает цифровую модель отливки, добавляя припуски на механообработку и литейные уклоны. Малые отверстия и углубления закрываются, в дальнейшем они будут выполнены в литых заготовках на станках.

Схема технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах представлена на рис. 1.

Сущность литья в песчаные формы заключается в получении отливок из расплавленного металла, затвердевшего в формах, которые изготовлены из формовочных смесей путем уплотнения с использованием модельного комплекта.

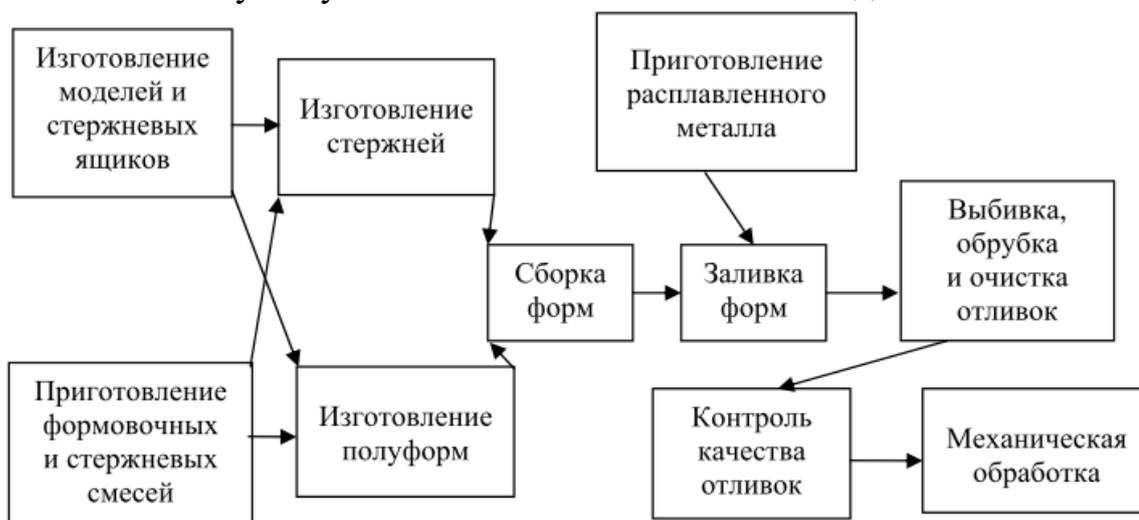


Рис. 1. Схема технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах

Литейная форма для получения отливок в песчаных формах, представленная на рис. 2, обычно состоит из верхней и нижней полуформ, которые изготавливаются в опоках 5 и 4, приспособлениях для удержания формовочной смеси 3.

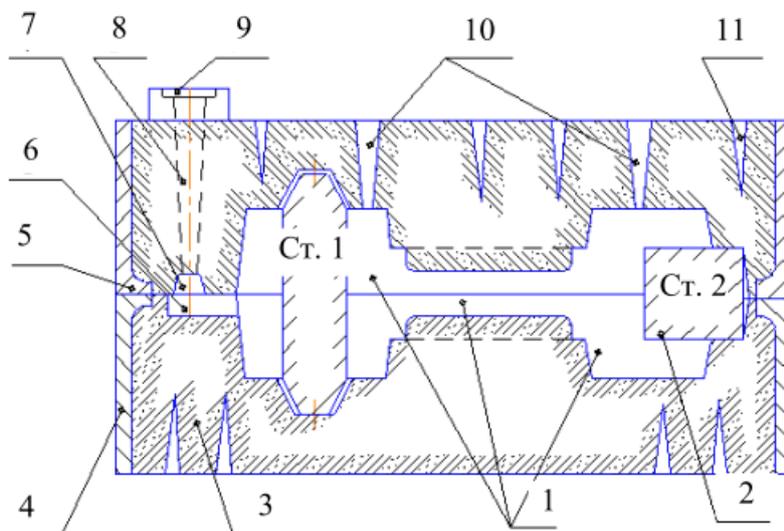


Рис. 2. Литейная форма для получения отливки рычага: 1 – полость формы; 2 – стержни; 3 – формовочная смесь; 4 – нижняя опока; 5 – верхняя опока; 6 – питатель; 7 – шлакоуловитель; 8 – стояк; 9 – литниковая чаша; 10 – выпоры; 11 – газоканалы

Для образования полостей отверстий или иных сложных контуров в формы устанавливают литейные стержни 2, которые фиксируют посредством выступов, входящих в соответствующие впадины формы (знаки).

Литейную форму заливают расплавленным металлом через литниковую систему – совокупность каналов и резервуаров, по которым расплав поступает из разливочного ковша в полость формы 1. Основными элементами литниковой системы являются: литниковая чаша 9, которая служит для приема расплавленного металла и подачи его в форму; стояк 8 – вертикальный канал для подачи металла из литниковой чаши в рабочую полость или к другим элементам; шлакоуловитель 7, с помощью которого удерживается шлак и другие неметаллические примеси; питатель 6 (один или несколько), через который расплавленный металл подводится в полость литейной формы.

Для вывода газов, контроля заполнения формы расплавленным металлом и питания отливки при ее затвердевании служат прибыли или выпоры 10. Для вывода газов предназначены и вентиляционные каналы 11.

Различают литниковые системы с питателями, расположенными в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

По способу подвода расплава в рабочую полость формы литниковые системы делят на нижнюю, верхнюю и боковую (рис. 3).

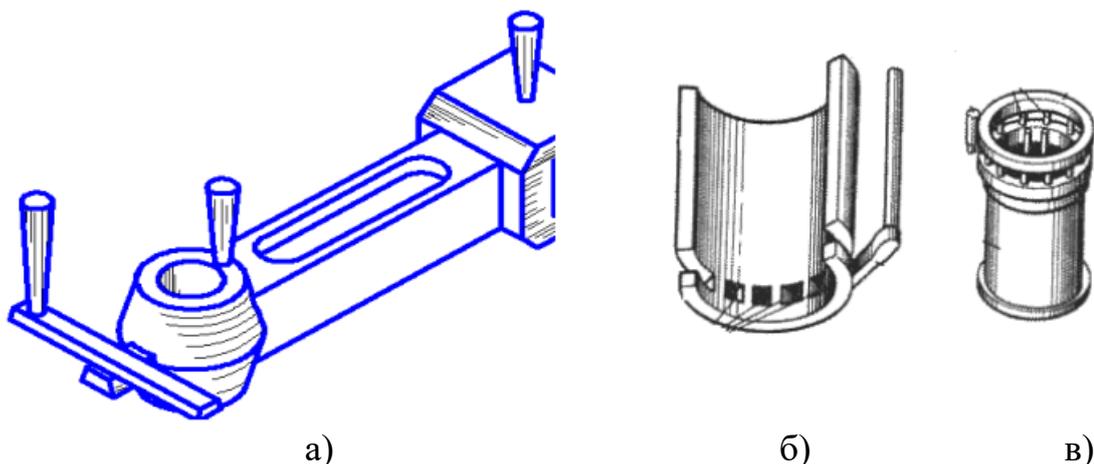


Рис. 3. Разновидности литниковых систем:

а) боковая; б) нижняя; в) верхняя

Боковая литниковая система (рис. 3, а) применяется при получении отливок из различных сплавов, малых и средних по массе деталей, плоскость симметрии которых совпадает с плоскостью разъема формы. Является промежуточной между верхней и нижней и, следовательно, сочетает в себе некоторые их достоинства и недостатки. Подвод металла осуществляется в среднюю часть отливки (по разъему формы).

Нижняя литниковая система (рис. 3, б) широко используется для литья сплавов, легко окисляющихся и насыщающихся газами (алюминий), обеспечивает спокойный подвод расплава к рабочей полости формы и постепенное заполнение ее поступающим снизу, без открытой струи, металлом. При этом усложняется конструкция литниковой системы, увеличивается расход металла на нее, создается неблагоприятное распределение температур в залитой форме ввиду сильного разогрева ее нижней части, возможно образование усадочных дефектов и внутренних напряжений. При такой системе ограничена возможность получения высоких тонкостенных отливок (при литье алюминиевых сплавов форма не заполняется металлом, если отношение высоты отливки к толщине ее стенки превышает 60).

Нижний подвод через большое количество питателей часто используется при изготовлении сложных по форме крупных отливок из чугуна.

Верхняя литниковая система (рис. 3, в) применяется для невысоких (в положении заливки) отливок, небольшой массы и несложной формы, изготовленных из сплавов, не склонных к сильному окислению в расплавленном состоянии (чугуны, углеродистые конструкционные стали, латуни).

Достоинствами системы являются: малый расход металла; конструкция проста и легко выполнима при изготовлении форм; подача расплава сверху обеспечивает благоприятное распределение температуры в залитой форме (температура увеличивается от нижней части к верхней), а следовательно, и благоприятные условия для направленной кристаллизации и питания отливки.

Недостатками системы являются: падающая сверху струя, которая может размывать песчаную форму, вызывая засоры; при разбрызгивании расплава возникает

опасность его окисления и замешивания воздуха в поток с образованием оксидных включений; затрудняется улавливание шлака.

Иногда при подводе металла снизу и сверху используют массивные коллекторы.

Технологический процесс изготовления отливки начинается с подготовки модельного комплекта:

моделей или модельных плит, модельных щитков, стержневых ящиков, сушильных плит, шаблонов для проверки размеров формы и стержней, кондукторов к шаблонам для контроля правильности установки стержней в форме, опок, штырей и т.д.

Модельный комплект изготавливают в модельном цехе или в модельном отделении литейного цеха. По цифровой модели отливки с литниково-питающей системой изготавливаются на станках с ЧПУ модели из пластмассы, алюминия или дерева.

Процесс изготовления литейных форм называют формовкой. В литейном производстве используют ручную и машинную формовку:

в единичном и мелкосерийном производстве – ручную формовку (формы изготавливают обычно по деревянным моделям), в поточно-массовом и серийном производстве – машинную (формы изготавливают на машинах по металлическим моделям).

Модели помещаются в открытые металлические ящики (опоки), засыпаются песком или формовочной смесью. Насыпанная в опоки смесь уплотняется встряхиванием, прессованием или же затвердевает в термическом шкафу. Модели извлекаются, а в форме образуются полости соответствующей геометрии внешней поверхности. Внутренние поверхности и отверстия в детали образуются с помощью размещённых в форме литейных песчаных стержней, копирующих форму будущего отверстия.

Стержни с помощью выступающих частей – знаков – устанавливаются в форме.

Стержни изготавливают из песчаных смесей с отвердителями в стержневом ящике. Готовые стержни сушат в специальных печах для увеличения их прочности, газопроницаемости, а также уменьшения газотворной способности. Стержни перед установкой в форму окрашивают красками, состоящими из огнеупорных материалов: графита, пылевидного кварца, циркона обезжелезненного и др., что необходимо для повышения чистоты поверхности отливки.

Перед сборкой сырые полуформы припыливают (графитом, тальком, древесным углем и др.) и окрашивают для получения чистой поверхности отливки. Если отливка имеет полость, то в форму перед сборкой устанавливают стержень. Затем форму собирают, скрепляют опоки болтами или скобами и подают на заливку жидким металлом.

Две части формы – нижняя и верхняя – соединяются, закрепляются.

В форму заливают расплавленный металл. После кристаллизации металла и остывания форму разбивают, извлекают отливку, отделяют от нее прибыли и литниковую систему.

Готовые отливки. После охлаждения отливки формы разрушают и отливки извлекают (выбивают). Выбивку форм производят только после остывания отливки до определенной температуры, так как при высоких температурах сплавы недостаточно прочны и отливка может разрушиться. Выбивку форм осуществляют на специальных установках, расположенных в отделении или на участке выбивки.

Отливки имеют литники, выпоры, иногда заусенцы и заливы металла, их поверхность может быть загрязнена пригоревшей к ней формовочной смесью. Отрезку или обрубку литников, выпоров, заусенцев, очистку поверхности отливок производят в отделении очистки и обрубки отливок специальным инструментом, на дробеструйных и дробеметных установках, в гидравлических, пескогидравлических и очистных барабанах.

4. ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Литье по выплавляемым моделям – процесс получения отливок из расплавленного металла в формах, не требующих разъема, так как рабочая полость образуется благодаря удалению (вытеканию) легкоплавкого материала модели при ее предварительном нагревании.

Для изготовления моделей широко используют модельный состав, содержащий парафин, стеарин, церезин, воск и др. Парафино-стеариновый состав широко применяют в качестве модельного. Он хорошо заполняет полость пресс-формы и дает четкий и чистый отпечаток.

Модельный состав в пастообразном состоянии запрессовывают (рис. 4, б) в пресс-формы. После затвердевания модельного состава пресс-форма раскрывается и модель выталкивается в ванну с холодной водой.

Затем модели собирают в блоки (рис. 4, в) с общей литниковой системой припаиванием, приклеиванием или механическим скреплением частей. В один блок объединяют 2–100 моделей. Формы по выплавляемым моделям изготавливают погружением разовой модели в специальную жидкую огнеупорную суспензию, состоящую из связующего, пылевидного кварца и других компонентов, а затем обсыпают кварцевым песком в специальной установке.

Далее сушат на воздухе или в среде аммиака (рис. 4, г), наносят 3–5 слоев с сушкой каждого слоя.

Модели из форм удаляют, погружая в горячую воду или с помощью нагретого пара. После удаления модельного состава тонкостенные литейные формы промывают, сушат, помещают в опоки и засыпают песком (рис. 4, д).

Затем прокаливают в печи в течение 6–8 ч при температуре 850–950 °С для спекания частичек связующего с частичками огнеупорного материала и испарения воды.

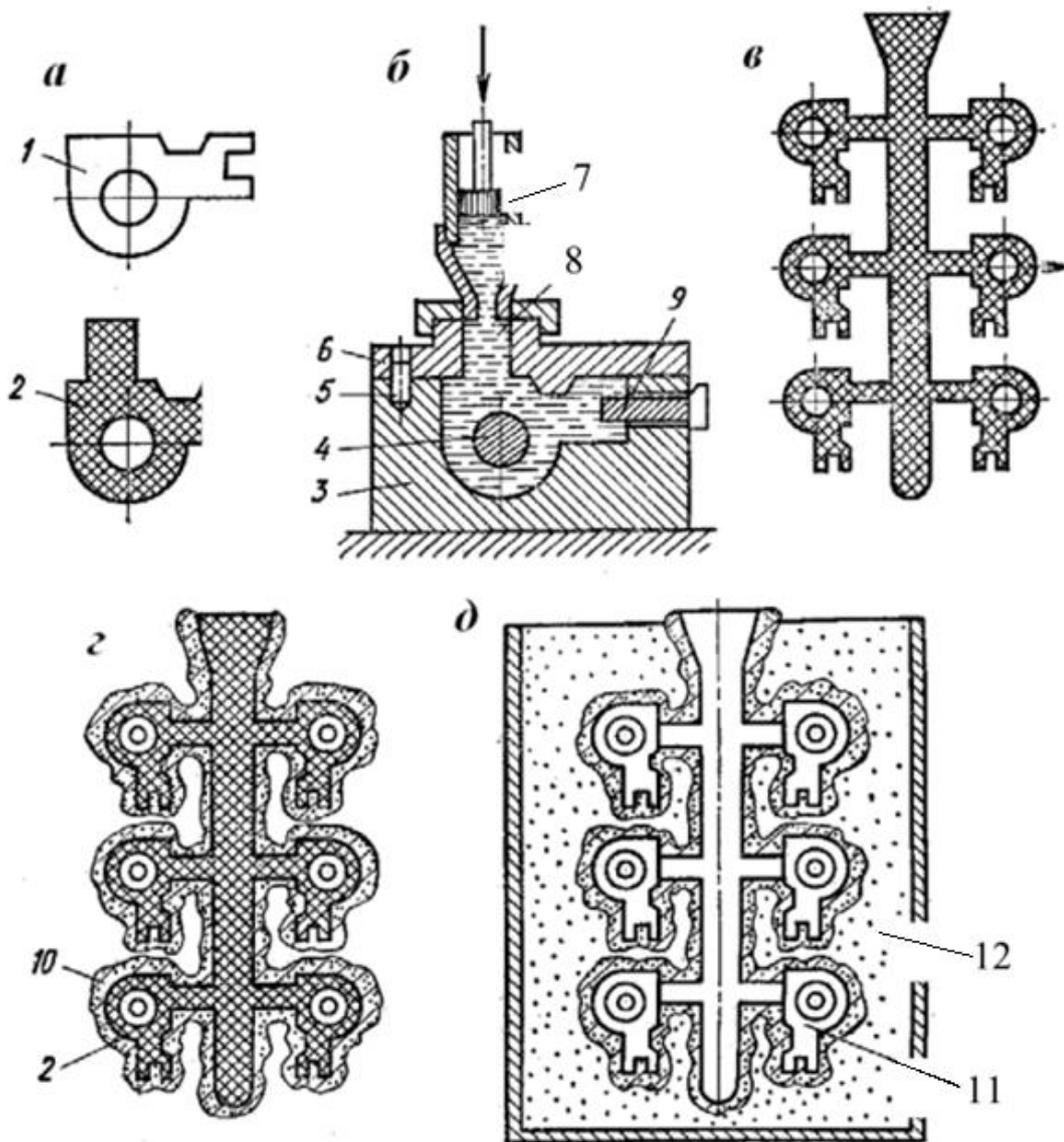


Рис. 4. Схема литья по выплавляемым моделям:

- а) конфигурация детали и модели; 1 – деталь; 2 – модель;
 б) изготовление модели в пресс-форме; в) сборка моделей в блок; г) образование оболочки на моделях; д) подготовка формы к заливке; 3, 6 – нижняя, верхняя матрицы; 4, 9 – металлические стержни; 5 – направляющий штырь; 7 – поршень; 8 – модельная масса; 10 – оболочка; 11 – полость формы; 12 – накопитель

Заливку форм по выплавляемым моделям производят сразу же после прокалки в нагретом состоянии. После затвердевания залитого металла и его охлаждения, отливки удаляют из форм механическими, а затем химическими методами, обрубая и, как правило, подвергают термической обработке.

В промышленности нашли применение следующие разновидности способов получения точных отливок:

литье по выжигаемым моделям: модель не выплавляют из формы, а выжигают. Модель изготавливают из пенополистирола и заформовывают. Не извлекая модель, форму заливают жидким металлом. Модель при соприкосновении с жидким металлом испаряется, и металл занимает пространство, где была модель;

литье по растворимым моделям: модель изготавливают из соли (NaNO_3 , KNO_3 и др.). После изготовления формы при помощи этой модели ее растворяют и таким способом удаляют из формы;

литье по замороженным моделям: модель изготавливают из водных растворов солей. Жидкий раствор заливают в штамп и замораживают. По замороженной модели изготавливают форму. Модель из формы удаляют нагреванием.