

Процессы и операции формообразования

12. ЛЕКЦИЯ-9 СПОСОБЫ ЛИТЬЯ

Н.А. Денисова, доцент кафедры
машиностроения, канд. пед. наук



План лекции

- 1 Литейное оборудование и оснастка
- 2 Характеристика основных способов литья
- 3 Общая характеристика литейных форм

Литейное оборудование и оснастка

- **Литейное оборудование** – это совокупность машин, автоматов, установок, плавильных печей, заливочных устройств, манипуляторов, предназначенных для выполнения процессов, операций и переходов изготовления отливок при различных переделах и способах литья, включая специальные средства транспортировки и управления. Для проведения каждого литейного процесса (формовка, плавка, заливка и др.) требуются свои виды оборудования (формовочное, плавильное и др.) в соответствии с ГОСТ 18111 – 93.

Литейное оборудование и оснастка

Сущность машинной формовки заключается в механизации основных операций:

- ☐ установки модельных плит и опок,
- ☐ наполнения опок формовочной смесью,
- ☐ уплотнения смеси
- ☐ удаления моделей из форм.

По способу уплотнения смеси формовочные машины делятся на

- ☐ прессы,
- ☐ встряхивающие,
- ☐ пескометные
- ☐ комбинированные (встряхивающие с подпрессовкой или прессы с вибратором).

Литейное оборудование и оснастка

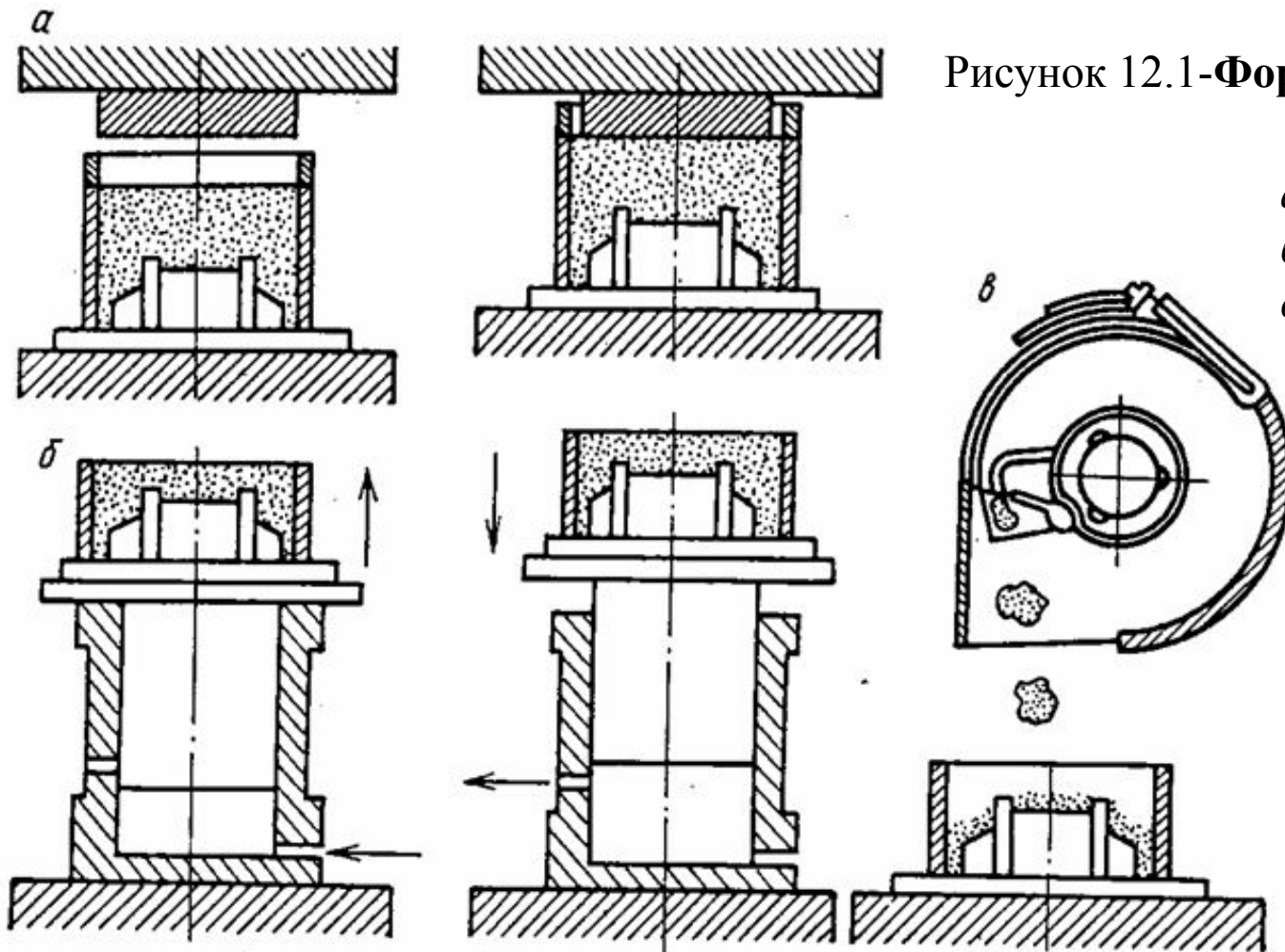


Рисунок 12.1-Формовочные машины:

а – прессовые;
б – встряхивающие;
в – пескометные

Литейное оборудование и оснастка

- *Прессовые машины* являются наиболее простыми и производительными, но дают неравномерное уплотнение смеси по высоте опоки.
- *Встряхивающие машины* менее производительны, но в сочетании с подпрессовкой позволяют более равномерно уплотнять землю даже в высоких и больших по площади опоках.
- *Пескометы* применяют для набивки средних и крупных опок. Они отличаются большой производительностью (до 50 ...70 м³/ч) и обеспечивают наиболее равномерное уплотнение земли по высоте опоки.
- *Формовочные машины*, объединенные транспортными устройствами с другими машинами и механизмами, позволяют создавать поточные (механизированные, полуавтоматические и автоматические) участки формовки.

Литейное оборудование и оснастка

- **Технологическая оснастка** литейного производства средства технологического оснащения, дополняющие литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части процесса получения отливок. К литейной оснастке по ГОСТ 17819 – 84 относятся литейные формы, стержни, модели и другие средства технологического оснащения.

Литейное оборудование и оснастка

- *Литейная форма* – это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой жидким металлом формируется отливка

Рисунок 12.1-Формы для литья колоколов



Рисунок 12.2-3D модель литейной формы

Литейное оборудование и оснастка

Основные требования, предъявляемые к литейным формам:

- *Прочность* формы необходима, чтобы под действием напора расплава она не только не разрушилась, но и не изменила размеры
- *Газопроницаемость* формы должна быть такой, чтобы газы, находящиеся и в полости формы, и в расплаве могли удаляться во избежание газовой пористости и газовых раковин в отливках
- *Стойкость к химическому взаимодействию с расплавом* необходима для того, чтобы обеспечить простоту извлечения и очистки отливки

Литейное оборудование и оснастка

Конструктивные особенности форм:

- *разовые* формы служат один раз, их разрушают при удалении отливки;
- *полупостоянные* позволяют получить несколько отливок;
- *постоянные* — от нескольких десятков до сотен тысяч отливок.

Литейное оборудование и оснастка

- **Формовочная смесь** — многокомпонентная смесь формовочных материалов

Состав смеси

- кварцевый песок,
- глина,
- крепитель (в частности, жидкое стекло)
- противопригарные добавки (каменный уголь для чугунных отливок, мазут для бронзовых отливок и др.), смешиваемых с некоторым количеством воды.

В состав формовочной смеси обычно входят: отработанная смесь — 94...96 %, свежие материалы (песок, глина) — 3...5 %, добавки (каменноугольная пыль) — 0,5 %.

Литейное оборудование и оснастка

- **Литейный стержень** – отъемная часть литейной формы для образования отверстия, полости или иного сложного контура внутри отливки

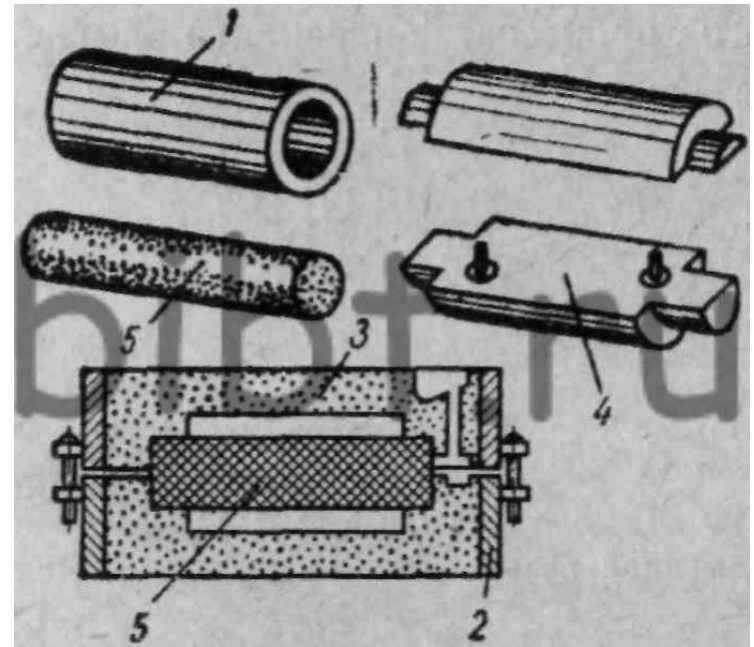


Рисунок 12.3-Литейные стержни:

а) - внешний вид; б) - положение литейного стержня 5 в литейной форме

Литейное оборудование и оснастка

Формовочный материал – совокупность природных и искусственных материалов, используемых для приготовления формовочных и стержневых смесей

- ✓ Для приготовления литейных стержней применяют быстросохнущие стержневые смеси.
- ✓ После изготовления стержни сушат при температуре 200градС.
- ✓ С целью ускорения процесса сушки в качестве крепителя применяют жидкое стекло.
- ✓ Состав стержневых смесей:
 - ✓ кварцевый песок – 92 %,
 - ✓ формовочная глина – 2%,
 - ✓ связующий материал (синтетические и естественные смолы, поливиниловый спирт и др.) – 6 %.

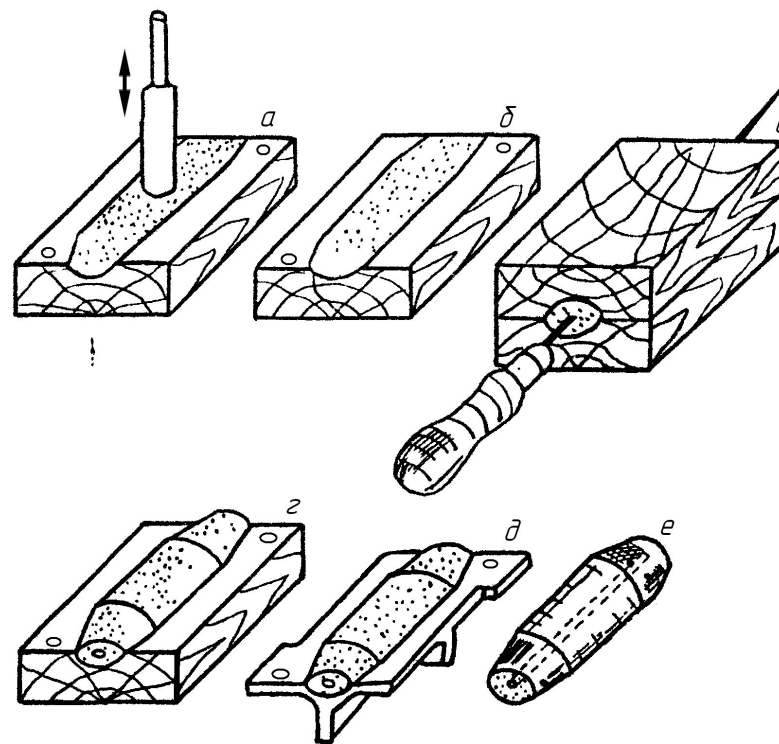
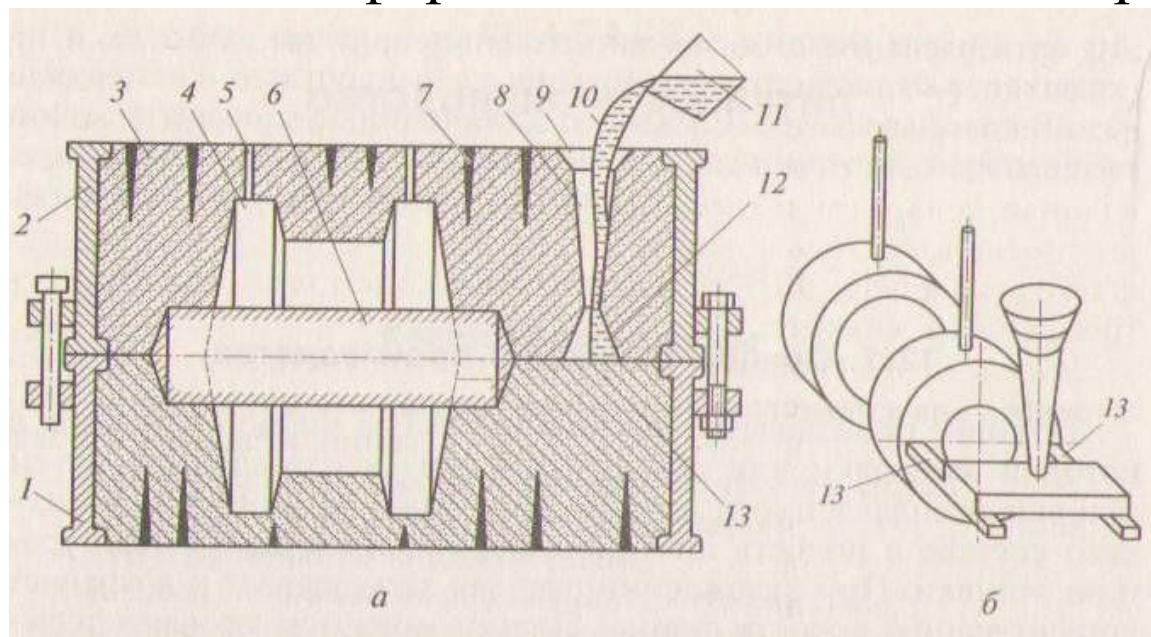


Рисунок 12.4-Изготовление стержней путем уплотнения

Литейное оборудование и оснастка

- **Литниковая система** – система каналов (элементов) литейной формы для подвода в ее полость расплавленного материала, обеспечивающая заполнение формы и питание отливки при затвердевании



- 5 – выпор;
8 – вертикальный канал (стояк);
9 – литниковая чаша (воронка);
12 – шлакоулавнитель; 13 – горизонтальные каналы (питатели).

Рисунок 11.4-Процесс литья в разовые разъемные формы

Литейное оборудование и оснастка

- *Прибыль* – это часть отливки, выходящая за пределы ее номинальных размеров, которая служит для питания жидким материалом отливок в период затвердевания, с целью образования усадочной раковины не в отливке, а в прибыли
- *Стержневой ящик* – приспособление, имеющее рабочую полость для получения в ней литейного стержня нужных размеров и очертаний из стержневой смеси
- *Литейная опока* – приспособление в виде жесткой рамы или открытого ящика для удержания формовочной смеси при ее уплотнении (изготовлении литейной формы), ее транспортировке и при заливке формы жидким

Литейное оборудование и оснастка

- **Литейная модель** – приспособление для получения в литейной форме рабочей полости, в которой будет оформляться наружная поверхность отливки и является обычно частью модельного комплекта, включающего в себя также модели элементов литниковой системы: чаши, стояка, питателей, выпора и прибылей



Рисунок 12.5-Модельная оснастка для литейного производства

Характеристика основных способов литья

Основные способы литья :

- ☐ статическая заливка,
- ☐ литье под давлением,
- ☐ центробежное литье
- ☐ вакуумная заливка.

Характеристика основных способов литья

- **Статическая заливка** - заливка в неподвижную форму.
- При таком способе расплавленный металл (или неметалл - пластмасса, стекло, керамическая суспензия) просто заливается в полость неподвижной формы до ее заполнения и выдерживается до затвердевания.

Характеристика основных способов литья

- **Литье под давлением**
- Литейная машина заполняет металлическую (стальную) литейную форму (которая обычно называется пресс-формой и может быть многогнездной) расплавленным металлом под давлением от 7 до 700 МПа.
- Преимущества метода:
 - высокая производительность,
 - высокое качество поверхности,
 - точные размеры литого изделия,
 - минимальная потребность в его механической обработке.
- Типичные металлы для литья под давлением - сплавы на основе цинка, алюминия, меди и олова-свинца. Благодаря низкой температуре плавления такие сплавы весьма технологичны и позволяют обеспечить малые допуски на размеры и превосходные характеристики отливок.
- Сложность конфигурации отливок в случае литья под давлением ограничивается тем, что при отделении от пресс-формы отливка может быть повреждена. Кроме того, несколько ограничена толщина изделий; более предпочтительны изделия тонкого сечения, в котором расплав быстро и равномерно затвердевает.
- Отливки могут быть массой от нескольких десятков граммов до 50 кг и более.

Характеристика основных способов литья

- **Центробежное литье**
- Расплавленный металл заливается в песочную или металлическую литейную форму, вращающуюся вокруг горизонтальной или вертикальной оси.
- Под действием центробежных сил металл отбрасывается от центрального литника к периферии формы, заполняя ее полости, и затвердевает, образуя отливку.
- Центробежное литье экономично и для некоторых видов изделий (осесимметричных типа труб, колец, обечаек и т.д.) более подходит, нежели статическая заливка.

Характеристика основных способов литья

- **Вакуумная заливка**
- Такие металлы, как титан, легированные стали и жаропрочные сплавы, плавятся в вакууме и заливаются в многократные формы, например графитовые, помещенные в вакуум.
- При этом методе значительно снижается содержание газов в металле.
- Слитки и отливки, получаемые вакуумной заливкой, весят не более нескольких сот килограммов.
- В редких случаях большие количества стали (100 т и более), выплавленной по обычной технологии, разливают в вакуумной камере в установленные в ней изложницы или литейные ковши для дальнейшего литья на воздухе.
- Металлургические вакуумные камеры больших размеров откачиваются многонасосными системами.
- Получаемая таким методом сталь используется для изготовления специальных изделий ковкой или литьем; этот процесс называется вакуумной дегазацией.

Общая характеристика литейных форм

- Литейные формы делятся
 - на многократно используемые
 - разовые (песчаные).

- Многократные формы бывают
 - металлические (изложницы и кокили),
 - графитовые или керамические огнеупорные.

Общая характеристика литейных форм

Многократные формы

- Металлические формы (изложницы и кокили) для стали делают обычно из чугуна, иногда - из жаростойкой стали.
- Для литья цветных металлов, таких, как латунь, цинк и алюминий, пользуются чугунными, медными и латунными формами.

Общая характеристика литейных форм

Многократные формы



Изложницы относятся к открытым литейным формам, поскольку металл заполняет их сверху самотеком.

- Применяются также "сквозные" изложницы, открытые и сверху, и снизу.
- Высота изложниц может составлять 1-4,5 м, диаметр - от 0,3 до 3 м. Толщина стенки отливки зависит от размеров изложницы.
- Конфигурация может быть разной - от круглой до прямоугольной.
- Полость изложницы несколько расширяется кверху, что необходимо для извлечения слитка.
- Готовая к заливке изложница располагается на толстой чугунной плите.
- Залитый металл затвердевает в изложнице, после чего слиток вынимают ("раздевают слиток").
- После остывания изложницы ее чистят изнутри, опрыскивают формовочной краской и используют снова.
- Одна изложница позволяет получить 70-100 слитков.
- Для дальнейшей обработки ковкой или прокаткой слиток нагревают до высокой температуры.

Рисунок 12.6-Изложница вертикальная
3 квадрата (3,4,5 мм х 90 мм) и пластина

Общая характеристика литейных форм

- **Кокили** - это закрытые металлические литейные формы с внутренней полостью, соответствующей конфигурации изделия, и литниковой (заливочной) системой, которые выполняются путем механической обработки в чугунном, бронзовом, алюминиевом или стальном блоке.
- Кокиль состоит из двух или большего числа деталей, после соединения которых остается лишь небольшое отверстие сверху для заливки расплавленного металла.
- Для формирования внутренних полостей в кокиль закладываются гипсовые, песочные, стеклянные, металлические или керамические "стержни".
- Литьем в кокиль получают отливки из сплавов на основе алюминия, меди, цинка, магния, олова и свинца.

Общая характеристика литейных форм

- Литье в кокиль применяется лишь в тех случаях, когда требуется получить не менее 1000 отливок.
- Ресурс кокиля достигает нескольких сотен тысяч отливок.
- Кокиль идет в скрап, когда (из-за постепенного выгорания от расплавленного металла) начинает недопустимо снижаться качество поверхности отливок и перестают выдерживаться расчетные допуски на их размеры.



Рисунок 12.7-Кокили



Общая характеристика литейных форм

- **Графитовые и огнеупорные формы** состоят из двух или большего числа деталей, при соединении которых образуется требуемая полость.
- Форма может иметь вертикальную, горизонтальную или наклонную поверхность разъема либо разбираться на отдельные блоки; это облегчает извлечение отливки.
- После извлечения форму можно собрать и использовать снова.
- Графитовые формы допускают сотни отливок, керамические - лишь несколько.
- Графитовые многократные формы можно изготовить путем механической обработки графита, а керамические легко формуются, так что они значительно дешевле металлических форм.

Общая характеристика литейных форм



а)

- Графитовые и огнеупорные формы могут использоваться для повторного литья в случае неудовлетворительных отливок, полученных литьем в кокиль.
- Огнеупорные формы делают из фарфоровой глины (каолина) и других высокоогнеупорных материалов. При этом используются модели из легкообрабатываемых металлов или из пластмассы.
- Порошкообразный или гранулированный огнеупор замешивают с глиной на воде, полученную смесь формуют и заготовку литейной формы обжигают так же, как кирпичи или посуду.

б)



Рисунок 12.8-
Графитовые
формы:

а) - внешний вид;

б) - коллоидно-графитовый препарат сухой марки с-2

Общая характеристика литейных форм

Разовые формы

Песчано-глинястые формы

- Гораздо меньше ограничений по сравнению с любыми другими.
- Они пригодны для получения отливок любых размеров, любой конфигурации, из любого сплава; они наименее требовательны к конструкции изделия.
- Песчаные формы изготавливают из пластичного огнеупорного материала (обычно кремнистого песка), придавая ему нужную конфигурацию, чтобы залитый металл по затвердевании сохранил эту конфигурацию и мог быть отделен от формы.
- Формовочную смесь получают, замешивая на воде в специальной машине песок с глиной и органическими связующими.
- При изготовлении песчаной формы в ней предусматривают верхнее литниковое отверстие с "чашей" для заливки металла и внутреннюю литниковую систему каналов для питания отливки расплавленным металлом в процессе затвердевания, так как иначе из-за усадки при затвердевании (свойственной большинству металлов) в отливке могут образовываться пустоты (усадочные раковины).

Общая характеристика литейных форм

Разовые формы

Оболочковые формы

- Бывают двух типов: из материала с низкой температурой плавления (гипс) и из материала с высокой температурой плавления (на основе тонкого порошка диоксида кремния).
- Гипсовую оболочковую форму изготавливают, замешивая на воде гипсовый материал с крепителем (быстроотверждающимся полимером) до тонкой консистенции и облицовывая такой смесью модель отливки.
- После того как материал формы затвердеет, ее разрезают, обрабатывают и сушат, а затем "спаривают" две полуформы и заливают.
- Такой способ литья пригоден только для цветных металлов.

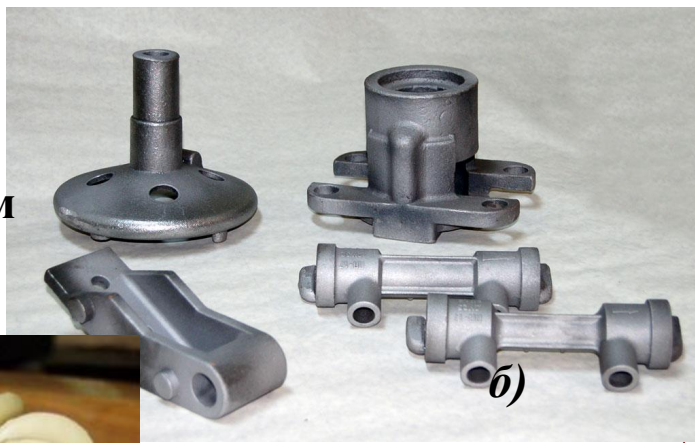


Рисунок 12.10-Оболочковые формы

Общая характеристика литейных форм

Литье по восковым выплавляемым моделям

Рисунок 12.11-
Литье по
восковым
выплавляемым
моделям:



а) - выплавляемая модель;
б) - отливки,
выполненные способом
литья по выплавляемым
моделям

Применяется для драгоценных металлов, стали и других сплавов с высокой температурой плавления.

Суть способа – изготовление формы с помощью легкоплавкой модели, которая удаляется путем выплавки.

Общая характеристика литейных форм

Керамические формы

- Изготавливаются из фарфоровой глины, силлиманита, муллита (алюмосиликаты) или других высокоогнеупорных материалов.
- При изготовлении таких форм обычно пользуются моделями из легкообрабатываемых металлов или из пластмассы.
- Порошкообразные или гранулированные огнеупорные материалы смешивают с жидким связующим (этилсиликатом) до студнеподобной консистенции.
- Только что изготовленная форма пластична, так что модель можно извлечь из нее, не повредив полость формы.
- Затем форму обжигают при высокой температуре и заливают расплавом нужного металла - стали, твердого хрупкого сплава, сплава на основе редких металлов и пр.
- Такой метод позволяет изготавливать формы любых типов и пригоден как для мелкосерийного, так и для крупносерийного производства.

Выбор способа литья

- Выбор способа литья определяется:
 - типом литейного сплава (легкоплавкий или тугоплавкий),
 - объемом производства,
 - заданными параметрами точности размеров,
 - шероховатости поверхности получаемых отливок
 - и другими факторами.
- Первоначальный выбор варианта формы, как правило, определяется:
 - возможностью сокращения трудоемкости изготовления,
 - повышением точности и качества отливки,
 - уменьшением расхода материалов и отходов производства.
- Применение специальных видов литья позволяет повысить производительность труда, точность размеров, качества поверхности и механические свойства отливок.
- Это достигается за счет принципиальных изменений технологии (способа формовки, заливки) или средств технологического оснащения (моделей, форм), что увеличивает себестоимость отливок.
- Поэтому каждый из способов имеет определенные области применения, в которых достигается наибольшая его эффективность.

Используемые информационные источники

1. Гоцеридзе, Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Р.М. Гоцеридзе. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 384 с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студ.в. учеб. заведений / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепяхина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
3. Рогов, В.А. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
4. Юдкин В.С. Производство и литье сплавов цветных металлов. М., 1967-1971 Бауман Б.В. и др. Литейное производство. М., 1971 Степанов Ю.А. и др. Технология литейного производства. М., 1983
5. <http://www.krugosvet.ru>