

# *Процессы и операции формообразования*

**14. ЛЕКЦИЯ – 10  
ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО.  
СПОСОБЫ ЛИТЬЯ В МНОГОКРАТНО  
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ФОРМЫ**

# План лекции

---

- 1 Литье в кокиль
- 2 Литье под давлением
- 3 Центробежное литье
- 4 Другие специальные виды литья

# *Литье в кокиль (КЛ)*

- **Литье в кокиль (КЛ)** – процесс получения фасонных отливок путем заливки расплавленного металла в металлическую многократно используемую форму - *кокиль*.
- Поэтому металлические формы иногда называют *постоянными* в отличие от разовых песчано-глинистых форм.
- Заливка может быть свободной либо проходить под низким давлением.
- Главной особенностью КЛ является высокая скорость охлаждения отливок из-за хорошей теплопроводности формы, что имеет весьма разнообразные последствия.
- Высокие механические свойства продукции сочетаются с пониженной стойкостью самого кокиля; высокая производительность, но ограниченность минимальной толщины стенки и т.д.

# Кокили

- В отечественной промышленности в кокилях получают 45 % всех алюминиевых и магниевых отливок, 6 % стальных отливок, 11 % чугуновых отливок.
- Изготавливают кокили литьем из чугуна (СЧ20, ВЧ40 и др.) или стали (15Л, 20Л и др.) с последующей обработкой резанием для повышения точности размеров и образования вентиляционной системы для вывода газов.
- Формы могут быть и с не обработанными рабочими поверхностями, тогда они имеют более высокую стойкость.
- Для равномерного охлаждения отливки кокиль должен иметь высокую теплопроводность и не очень толстые стенки равномерной толщины. Их толщина  $\delta_{\text{кок}}$ , мм, зависит от средней толщины стенки отливки  $\delta_{\text{отл}}$  и определяется по эмпирическому выражению:

$$\delta_{\text{кок}} = 13 + 0,6\delta_{\text{отл}}.$$

- Тогда процесс кристаллизации сплавов, залитых в металлические формы, и их дальнейшее охлаждение протекают с большой скоростью. Это приводит к образованию мелкозернистой структуры, что сказывается на повышении механических свойств металла отливок.

# *Кокили*

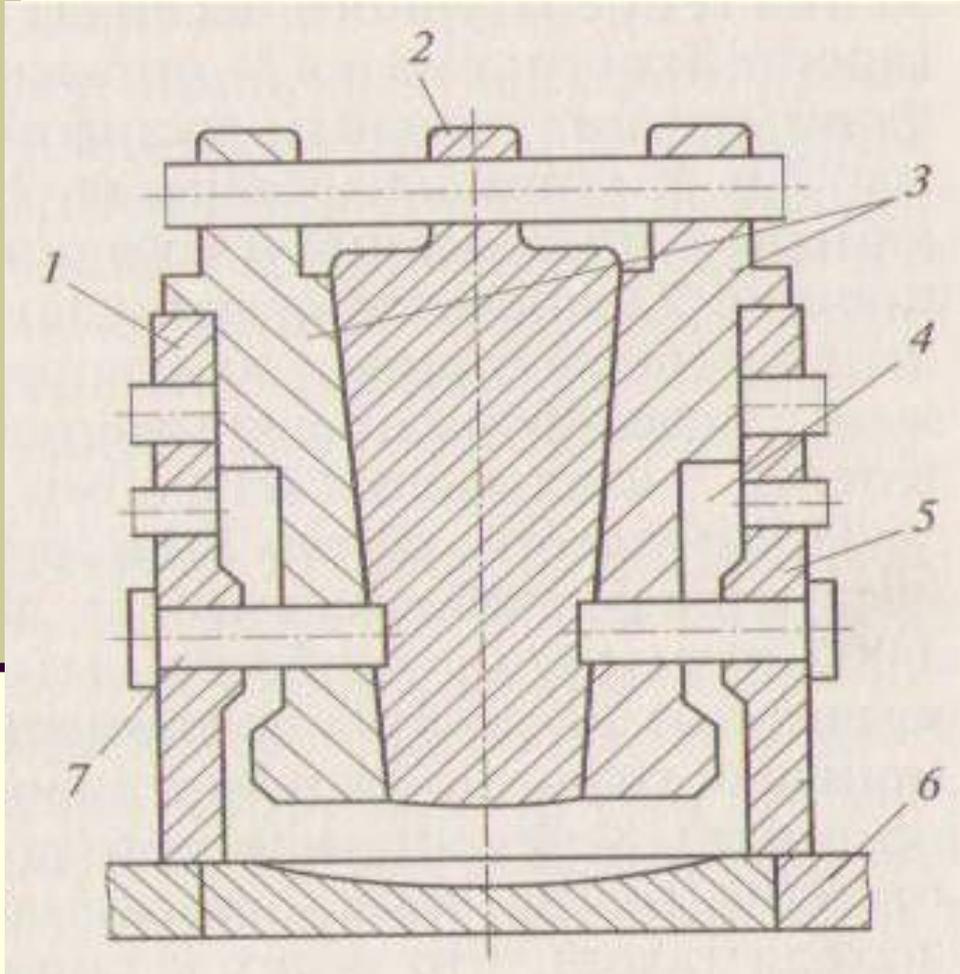
- Кокили бывают одногнездными и многогнездными, разъемными и неразъемными (вытряхными), с горизонтальным и вертикальным разъемом.
- Конструкция форм зависит от конфигурации и массы отливок, вида сплава и способа его заливки в форму, масштабов производства и других факторов.
- Число рабочих полостей в металлической литейной форме зависит от массы и размера литых деталей.
- Многогнездные металлические формы используют только для получения небольших деталей.
- Неразъемные формы обычно отличаются простотой конструкции, легкостью изготовления и обслуживания. Их применяют для получения деталей простой конфигурации, легко извлекаемых из металлической формы.
- К подобным деталям относятся грузы, вкладыши, крышки, колосники и др.

# *Литье в кокиль (КЛ)*

---

- Для получения отверстий и полостей используют стержни, чаще всего металлические, изготовленные из жаропрочных легированных сталей (30ХГС, 35ХГСА и др.).
- Большим недостатком металлических форм является отсутствие податливости.
- Это часто приводит к необходимости применения песчаных стержней, формирующих внутренние полости и отверстия, а также участки внешней поверхности отливки между выступающими элементами.
- В таких случаях форма становится комбинированной или полуметаллической.

# Литье в кокиль (КЛ)



- 1, 5 – левая и правая половины кокиля;  
2 – клиновая часть центрального стержня;  
3 – боковые части центрального стержня;  
4 – полость формы;  
6 – нижняя плита;  
7 – боковые стержни под поршневые пальцы

Рисунок 14.1-Кокиль для получения поршня

# *Литье в кокиль (КЛ)*

## **Технология КЛ складывается из ряда операций:**

- Подогрев кокиля перед заливкой до 150...350градС и нанесение защитного огнеупорного покрытия толщиной 0,3...0,5 мм. Покрытием может служить оксид цинка на жидкостекольном связующем при литье алюминиевых сплавов. Может быть достаточно толстого слоя огнеупорной футеровки, например, футерованные кокили при литье чугуна.
- Сборка кокиля, включающая соединение его частей, установку стержней.
- Заливка расплава через литниковую систему.
- Кристаллизация и охлаждение отливок до заданной температуры.
- Раскрытие кокиля, извлечение стержней и отливок.

Для повышения стойкости кокилей рабочую поверхность через каждые 50 – 100 отливок покрывают тонким слоем огнеупорной облицовки, в которую входят огнеупорные (кварцевая мука, молотый шамот, графит и др.) и связующие материалы (жидкое стекло, сульфитный щелок и др.). Кроме облицовки перед заливкой рабочую поверхность кокиля следует смазывать тонким слоем меловой краски, которая при соприкосновении с заливаемым жидким сплавом сгорает и образует газовую оболочку вокруг отливки, предотвращая ее прилипание к стенке кокиля.

# Схема кокильного станка с пневматическим приводом

1 – пружины; 2 – толкатели; 3 – плита; 4 – пневматический привод

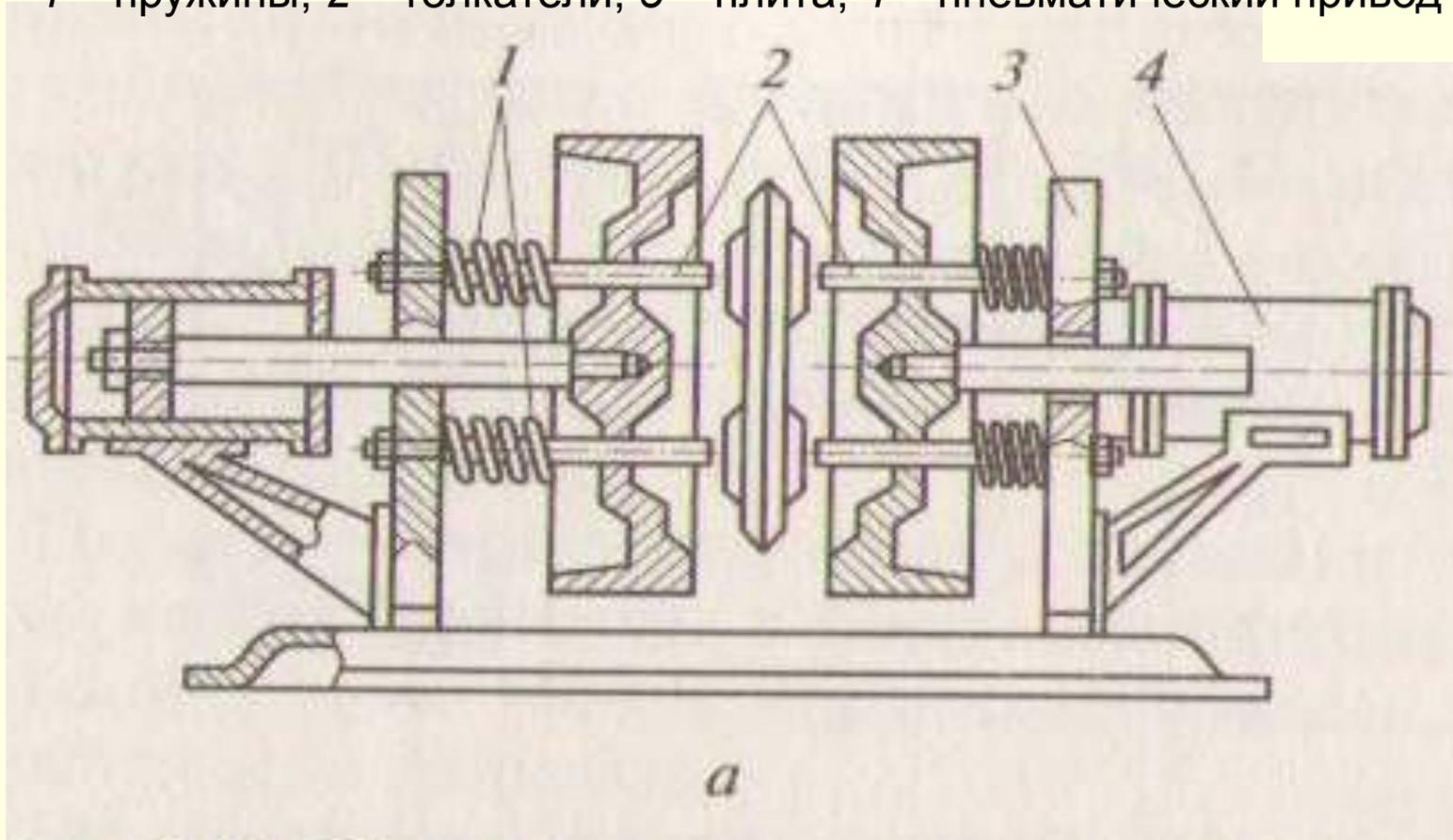


Рисунок 14.2-Схема кокильного станка с пневматическим приводом

# *Литье в кокиль (КЛ)*

К достоинствам КЛ относятся:

- комплекс высоких механических свойств отливок (прочности, пластичности, ударной вязкости) благодаря образованию мелкозернистой структуры из-за высокой скорости охлаждения расплава;
- повышенные точность размеров (12 – 15-й квалитеты) и качество поверхности отливок ( $Rz\ 80\dots 10\ \mu\text{м}$ );
- высокая производительность в результате автоматизации и сокращения трудоемких операций смесеприготовления, формовки, очистки отливок.

К недостаткам процесс КЛ можно отнести:

- трудоемкость получения тонкостенных отливок из-за высокой скорости охлаждения расплава и плохой заполняемости кокиля;
- возможность появления нежелательных структурных изменений, например отбела в отливках из чугуна из-за интенсивного охлаждения;
- высокие внутренние напряжения в отливках из-за большой разницы температур по сечению отливки и неподатливости кокиля;
- относительно высокая стоимость кокиля.

# *Литье в кокиль (КЛ)*

---

- Наиболее широко метод КЛ применяется для получения ответственных отливок из цветных сплавов (на основе алюминия, меди и др.) в серийном и массовом производстве, например, головок блоков цилиндров, поршней и т.д.
- Отливки из чугуна методом КЛ получают при необходимости достичь искусственно вызванного отбела на поверхности и, соответственно, высокой износостойкости прокатных валков, распределительных валов и др.

*Способы литья в  
многократно  
используемые формы*

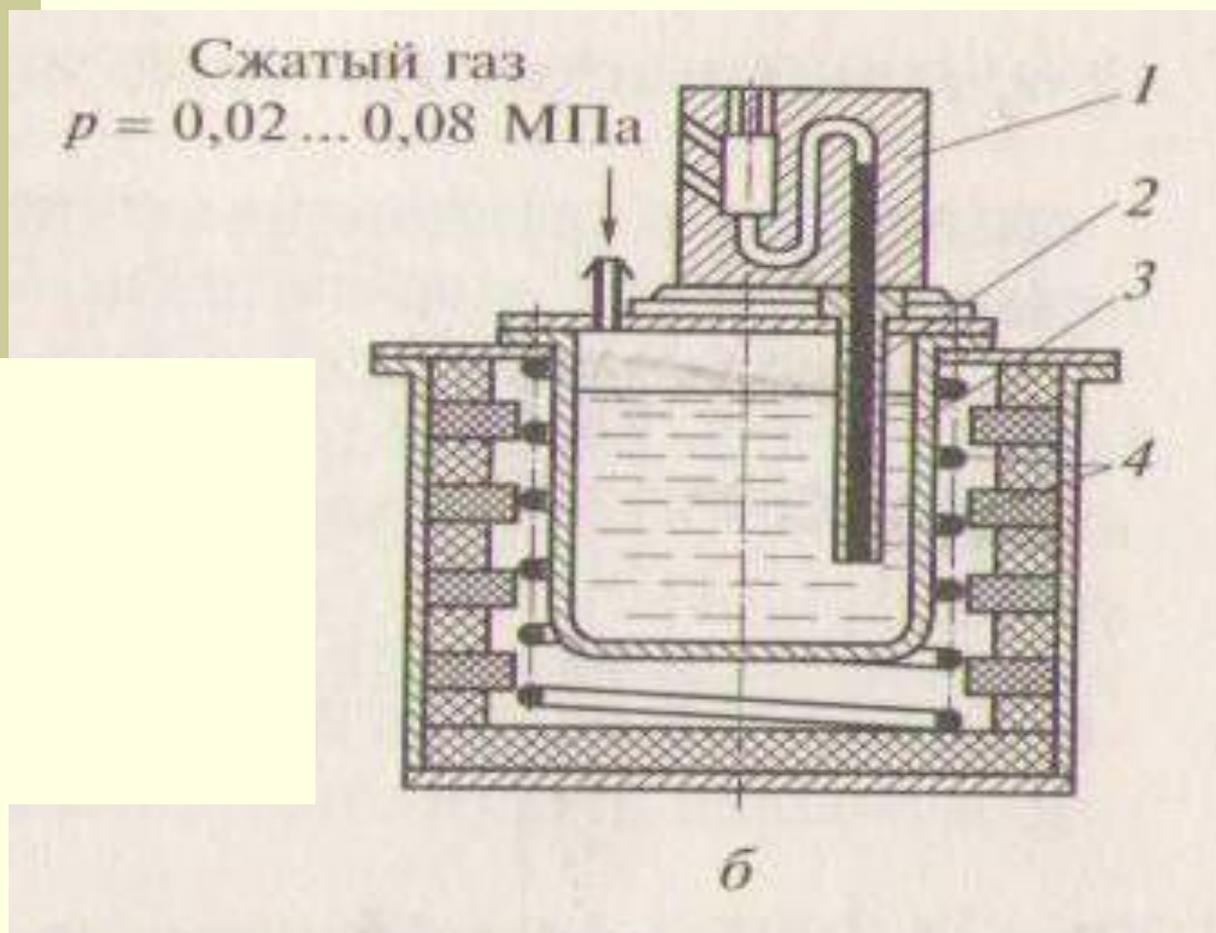
**Литье в кокиль под низким  
давлением**

# Литье в кокиль под низким давлением

---

- Отливки под низким давлением получают в кокилях, песчаных и оболочковых формах и формах для литья по выплавляемым моделям.
- Этот способ литья значительно сокращает расход металла на литники, улучшает заполняемость форм, повышает плотность и герметичность отливки, повышает качество ее поверхностей.
- В результате форма отливки и ее размеры точнее соответствуют форме и размерам готовой детали, т.е. можно уменьшить или исключить механическую обработку этих отливок.

# Литье в кокиль под низким давлением



- 1 – кокиль;
- 2 – металлопровод;
- 3 – тигель;
- 4 – электронагреватель

Рисунок 14.3-Схема установки для литья под низким давлением

*Способы литья в  
многократно  
используемые формы*

**Литье под давлением**

# Литье под давлением

---

- В машиностроении широко применяется метод **литья под давлением (ЛД)**, который характеризуется принудительным заполнением формы расплавом под избыточным давлением на него.
- Металлические формы для ЛД, называемые **пресс-формами**, имеют более сложную конструкцию, их изготавливают более тщательно, чем кокили.
- Формы и стержни для литья под давлением делают стальными.
- Применение песчаных стержней исключено, так как струя металла под давлением может их разрушить.

# Литье под давлением

---

- Высокая скорость потока способствует четкому оформлению внешних поверхностей отливок сложной конфигурации.
- Скорость впуска при литье под давлением меняется от 0,5 до 120 м/с в зависимости от типа отливки и сплава.
- Для преодоления сопротивления затвердевающего металла в литниках и в тонких сечениях отливок применяют высокое конечное давление, достигающее 500 МПа.
- Для проведения процесса необходимы специальные литейные машины, металлические формы и установки для расплавления металла.
- Существуют машины с вертикальной и горизонтальной камерой прессования, которая может быть горячей или холодной.

# Литье под давлением

- 1 – стержень;
- 2, 8 – неподвижная и подвижная половины пресс-формы;
- 3 – рабочая полость пресс-формы;
- 4 – ковш с расплавом;
- 5 – струя заливаемого расплава;
- 6 – камера прессования;
- 7 – поршень;
- 9 – выталкиватель;
- – направление запрессовки металла.

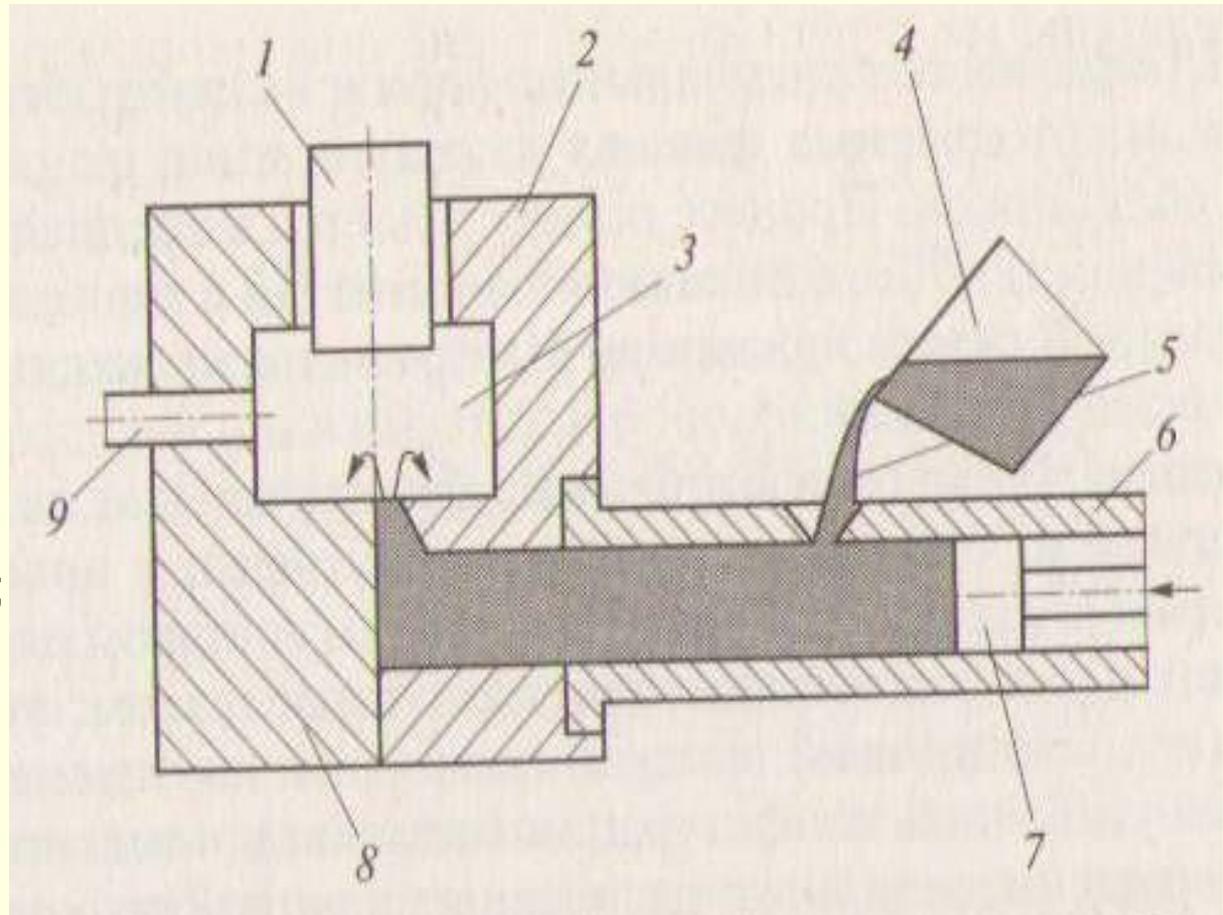


Рисунок 14.4-Схема процесса литья под давлением в машине с горизонтальной холодной камерой прессования

# Технология литья под давлением

- подогрев пресс-формы до 120...300°С для снижения температурного перепада процесса литья и повышения разгаростойкости;
- смазка – опрыскивание рабочей полости 3 пресс-формы разделительным составом;
- соединение половин пресс-формы 2 и 8, установка стержня 1;
- заливка расплава 5 через окно камеры прессования 6 и создание давления на металл со стороны поршня 7 (запрессовка металла);
- после кристаллизации и охлаждения металла отливки до заданной температуры, извлекается стержень, пресс-форма раскрывается и отливка с помощью выталкивателей 9 извлекается из формы.

# Литье под давлением

Преимущества метода ЛД в сравнении с другими способами литья следующие:

- наиболее высокая для литья производительность (до 1 000 отливок/ч);
- наиболее высокие точность размеров (8 – 13 квалитеты) и качество поверхности отливок ( $Rz$  10...40 мкм);
- наименьшая толщина стенок отливок (от 0,4 мм для сплавов на основе цинка).

К недостаткам метода ЛД относятся

- газовая пористость отливок (из-за быстрого заполнения формы и затрудненного выхода газов), что ведет к снижению плотности, механических свойств и ограничивает возможности упрочнения сплавов термической обработкой;
- необходимость армирования отливок для повышения прочности путем установки в пресс-форму стальных упрочняющих элементов, которые остаются в отливке;
- ограничение по габаритным размерам отливок (зависят от предельного усилия запирания пресс-формы – не более 12,5 МН);
- следует учитывать, что с увеличением температуры заливки резко снижается стойкость пресс-форм. Они выдерживают 150 – 300 тыс. запрессовок при литье сплавов алюминия, 50 – 80 тыс. – магния, 5 – 10 тыс. – меди.

# Литье под давлением

---

- Метод ЛД широко применяется в серийном и массовом производстве тонкостенных отливок из цветных сплавов.
- В машиностроении метод ЛД применяют для изготовления широкой номенклатуры корпусных отливок, в том числе в автомобилестроении для блоков цилиндров, картеров, а также крышек генераторов и других армированных отливок.
- Для решения проблемы газонасыщенности отливок применяют вакуумирование пресс-формы, регулирование составов газов в ней.

*Способы литья в  
многократно  
используемые формы*

**Центробежное литье**

# Центробежное литье

---

- Для получения отливок из чугуна, медных и других сплавов часто применяют метод **центробежного литья (ЦЛ)**
- Это литье, осуществляемое при заливке расплава в металлическую вращающуюся форму.
- При ЦЛ заливка и кристаллизация расплава происходят в поле действия центробежных сил, что благоприятно сказывается на строении и свойствах отливок.
- Этот вид литья широко применяют для получения пустотелых отливок тел вращения, в частности труб.

# Центробежное литье

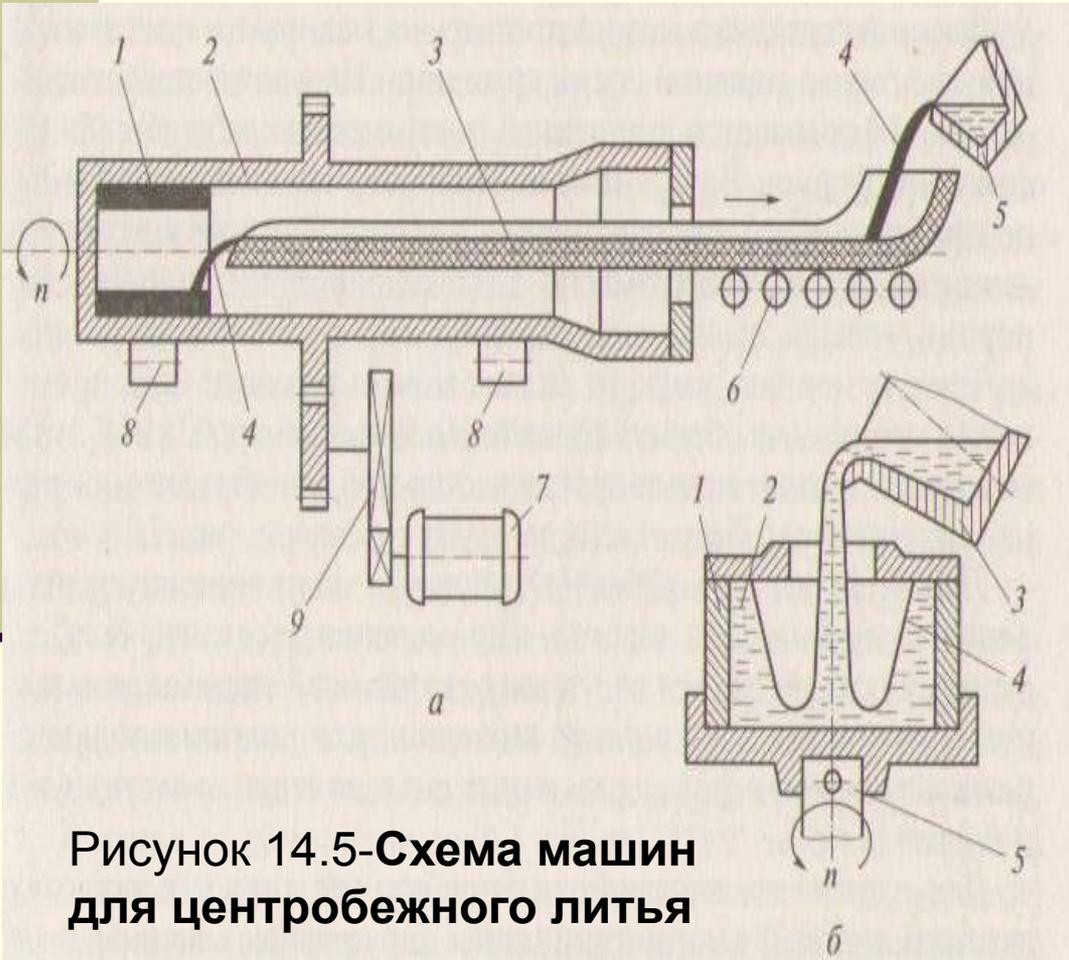


Рисунок 14.5-Схема машин для центробежного литья

*а* – с горизонтальной осью вращения литейной формы:  
1 – начало отливки для длинной трубы;  
2 – форма-изложница;  
3 – желоб;  
4 – жидкий металл; 5 – ковш;  
6, 8 – ролики;  
7 – электродвигатель;  
9 – редуктор;

*б* - с вертикальной осью вращения литейной формы:  
1 – форма; 2 – жидкий металл;  
3 – ковш; 4 – параболоид;  
5 – шпиндель

# Центробежное литье

- Для ЦЛ применяют специальные формы – центробежные изложницы, изготавливаемые обычно из чугуна с внутренней огнеупорной облицовкой.
- Машины с горизонтальной осью вращения литейной формы применяют для изготовления длинных труб.
- Центробежным литьем вокруг вертикальной оси вращения получают короткие отливки
- Фасонные отливки можно отливать на машинах и с вертикальной, и с горизонтальной осями вращения.
- Наружные поверхности отливки оформляются внутренней поверхностью рабочей полости литейной форм; внутренние поверхности отливок оформляются за счет центробежных сил, и точность внутренних размеров отливки определяется точностью порции металла, заливаемой в форму.
- Точную порцию жидкого сплава можно получить при применении мерных (по объему) ковшей.
- При ЦЛ песчаные стержни применяют, в частности, для образования торца и внутренней поверхности раструба трубы.
- Для изготовления отливок методом ЦЛ используют автоматические и многопозиционные карусельные машины, в которых всеми технологическими операциями управляет ЭВМ.
- Для литья втулок и других коротких тел вращения используют универсальные машины с переменной осью вращения: в момент заливки ось расположена вертикально, а затем постепенно переводится в горизонтальное положение.

# Центробежное литье

## Преимущества ЦЛ:

- получение внутренних полостей трубных заготовок без применения стержней;
- большая экономия сплава за счет отсутствия литниковой системы;
- возможность получения двухслойных (биметаллических) заготовок, что достигается поочередной заливкой в форму различных сплавов (сталь и чугун, чугун и бронза и т.д.);
- отливки, получаемые центробежным литьем, могут иметь конфигурацию, более близкую к окончательной форме детали, чем поковки, что приводит к снижению расхода металла и значительному уменьшению объема механической обработки.

Для ЦЛ характерны следующие недостатки, которые необходимо иметь в виду при выборе способа литья:

- трудность получения качественных отливок из ликвирующих сплавов, так как химическая неоднородность (ликвация) у центробежных отливок выражена значительно более резко, чем у стационарных отливок;
- неточность диаметра полости отливок со свободной поверхностью;
- загрязнение свободной поверхности отливок неметаллическими включениями, а у толстостенных отливок эта поверхность может иметь пористость, что вынуждает увеличивать припуск на механическую обработку свободных поверхностей на 25 %;
- для получения отливок требуются специальные машины; литейные формы дорогостоящие, они должны иметь высокие прочность и герметичность ввиду повышенного давления металла.

# Другие способы литья

---

- Литье вакуумным всасыванием
- Непрерывное литье
- Электрошлаковое литье
- Литье выжиманием
- Жидкая штамповка

# Литература

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. Лернер, П.С. Послушный металл: Кн. для учащихся ст. классов сред. шк. / П.С. Лернер. – М.: Просвещение, 1989. – 175 с.
3. 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. Черепахина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
4. 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.