

## ОПД 06 Процессы формообразования и инструменты

### Тема: Материалы для производства отливок. Литье в землю. Литье в кокиль

#### Задание для студентов

1. Ознакомиться с теоретическим материалом
2. *Дополнительную информацию по данной теме можно получить по ссылкам:*

Как выбрать заготовку для детали Отливка   поковка   штамповка   прокат	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0lj3VKKhpA&amp;t=4s">https://www.youtube.com/watch?v=0lj3VKKhpA&amp;t=4s</a>
Отливка деталей в песчаные формы	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=9jt-36yIcp4&amp;t=3s">https://www.youtube.com/watch?v=9jt-36yIcp4&amp;t=3s</a>
Высокоточное литье в песчано-полимерные формы	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=fg4Uuflu8aI">https://www.youtube.com/watch?v=fg4Uuflu8aI</a>
Отливка алюминиевой заготовки	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=f6_pRmZIbo8&amp;t=18s">https://www.youtube.com/watch?v=f6_pRmZIbo8&amp;t=18s</a>
Кокильное литьё	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Izj7xgh0ul4">https://www.youtube.com/watch?v=Izj7xgh0ul4</a>
Машины для литья в кокиль	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=9uSn0WB1T84&amp;t=4s">https://www.youtube.com/watch?v=9uSn0WB1T84&amp;t=4s</a>

3. Составить конспект лекции
4. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
5. Предоставить **конспект лекции и ответы** на контрольные вопросы в **электронном** виде на проверку.

С уважением, **Гнатюк Ирина Николаевна.**

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46  
Работы отправлять на электронную почту [ira.gnatyuk.60@inbox.ru](mailto:ira.gnatyuk.60@inbox.ru)

## ЛЕКЦИЯ

### План

- 1 Основные материалы для производства отливок
- 2 Литье в землю (в песчаные формы)
- 3 Литье в кокиль (металлические формы)

## **1. Основные материалы для производства отливок**

В машиностроении 74% всех отливок изготавляется из серого чугуна, 21% из стали, 3% из ковкого чугуна и 2% из цветных сплавов.

При выборе сплава необходимо учитывать его свойства и стоимость. Если принять среднюю стоимость отливки из серого чугуна принять за 100%, то стоимость отливок из других сплавов составляет 130% из ковкого чугуна, 150% из стали, 300-600% из цветных сплавов.

**Чугун.** Чугуном называется сплав железа с углеродом (более 2,14%) и других элементов.

*Серый* чугун имеет высокие литейные свойства. В сером чугуне обычно содержится 2,9%C, 1,5-3,5%Si, 0,4-1,0%Mn, 0,2-0,6%P, 0,03-0,12%S. В легированном чугуне содержатся и другие элементы.

*Легированный* чугун получают присадкой никеля, а в отдельных случаях титана или меди и других металлов, что обеспечивает более мелкое строение основной массы отливки и улучшает строение графита. Из этого чугунка изготавливают детали, работающие в условиях значительного износа и больших механических нагрузок.

*Высокопрочный* чугун имеет ферритную или перлитную структуру и шаровидное строение графита. Из него изготавливают отливки со стенками большой толщины и высокой прочности (коленчатые валы, зубчатые колеса, детали турбин и т.д.). Высокопрочный чугун получают модифицированием жидкого чугуна магнием.

*Чугун со специальными свойствами* применяют в машиностроении в тех случаях, когда отливка должна обладать износостойкостью, определенными электромагнитными свойствами, термической или химической стойкостью.

*Магнитный* чугун применяют для различных корпусов электрических машин, щитов, рам и др.

**Ковкий чугун.** Ковкий чугун по механическим свойствам занимает промежуточное положение между серым чугуном и сталью. По сравнению с углеродистой сталью характеризуется повышенной жидкотекучестью, демпфирующей способностью и большей износостойкостью.

**Литейные стали.** Детали сложной конфигурации, к которым предъявляются повышенные требования по прочности, ударной вязкости или другим свойствам, обычно изготавливают из стали. В машиностроении применяют три группы литейных сталей: конструкционные, инструментальные и со специальными свойствами.

*Из конструкционных сталей* изготавливают детали, несущие главным

образом механические нагрузки. По химическому составу их подразделяют на углеродистые (низко- и среднеуглеродистые) и легированные.

*Из инструментальных сталей* изготавляют литой инструмент (режущий, мерительный, штамповочный).

*Из сталей со специальными свойствами* (коррозионно-стойкие, жаропрочные, кислотоупорные, износостойкие) выполняют литые изделия, подвергающиеся воздействию различных сред, высоких температур и нагрузок.

Стали, особенно легированные, обладают плохими литейными свойствами.

**Литейные медные сплавы** применяют для отливок, которые должны обладать износостойкостью, стойкостью в атмосфере, кислотах и щелочах, в пресной и морской воде при высоких механических свойствах.

Из сплавов наиболее широко применяют бронзу и латунь.

**Литейные износостойкие подшипниковые сплавы.** Эти сплавы применяют для заливки подшипников с целью уменьшения трения и износа труящихся частей. Они должны обладать высоким сопротивлением износу и малым коэффициентом трения между подшипником и валом.

Подшипниковые сплавы (баббиты) состоят из мягкого пластичного металла (свинца и олова) с добавками твердых составляющих (сурьмы, кадмия, никеля, теллура, кальция и др.) Температура плавления баббитов 350-480°С. Для сильно нагруженных деталей применяют бронзу, латунь и другие сплавы.

**Литейные алюминиевые сплавы.** Они имеют малую плотность при высокой прочности. Механические свойства алюминиевых сплавов зависят от химического состава и методов термической обработки отливок.

Сплавы алюминия и меди после термической обработки имеют высокие механические свойства, хорошую обрабатываемость, но низкие литейные свойства.

Сплавы алюминия и магния имеют низкие литейные свойства, но имеют высокую коррозионную стойкость, хорошие механические свойства и обрабатываемость резанием. Из жаростойких сплавов изготавливают поршни, головки цилиндров и др..

**Литейные магниевые сплавы.** Магний имеет малую плотность. Отливки из чистого магния не получают, так как он обладает плохими литейными и низкими механическими свойствами. Для отливок наибольшее применение нашли сплавы магния с алюминием, цинком, марганцем, кремнием и др. Наиболее широко сплавы магния используют в приборостроении и в авиационной промышленности.

Из магниевых сплавов изготавливают корпуса приборов, детали двигателей, инструменты, корпуса фотоаппаратов и др.

**Литейные тугоплавкие сплавы.** К таким сплавам относятся сплавы на основе титана, ниобия, молибдена, вольфрама, ванадия. Они имеют высокую химическую активность. При плавлении они обогащаются из футеровки печи примесями и взаимодействуют с кислородом, азотом и водородом.

Титановые сплавы имеют небольшую плотность, высокую прочность при растяжении. При температуре выше 600°C титан поглощает азот, водород, кислород и становится хрупким

## 2. Литье в землю (в песчаные формы)

**Литейное производство** — одно из самых древних и в настоящее время самый распространенный способ обработки всех металлических и некоторых неметаллических материалов.

Примерно четыре пятых всех отливок получают в разовых песчаных формах и одну пятую — специальными видами литья. Процесс изготовления литых деталей в разовых песчаных формах состоит из ряда последовательно выполняемых основных операций.

**Отливка** — литая заготовка, освобожденная от элементов литниковой системы; размеры и форма отливки и литой детали близки.

**Литая деталь** — готовое для сборки или эксплуатации изделие из металлического или неметаллического сплава, которое изготавливают механической или другой обработкой из отливки.

**Модельным комплектом** называют совокупность оснастки и приспособлений, предназначенных для получения определенной отливки. Основной оснасткой для получения отливки в песчано-глинистой форме является модель отливки и стержневой ящик (рисунок 1).

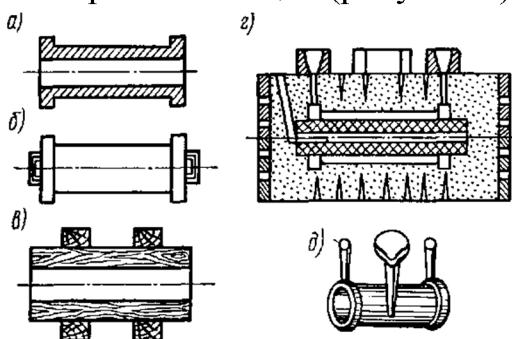


Рисунок 1 - Оснастка и технология изготовления в песчано-глинистой форме со стержнем отливки трубы:

- а — отливка;
- б — деревянная модель;
- в — деревянный стержневой ящик;
- г — песчано-глинистая форма в сборе со стержнем;
- д — отливка с элементами литниковой системы

**Модель**. По наружной конфигурации модель является копией отливки и отличается от последней несколько увеличенными размерами, учитывающими усадку сплава и другие особенности процесса.

**Стержневой ящик** служит для изготовления стержней. Стержни проставляются в форму для образования как внутренних, так и наружных сложных поверхностей отливки. Размеры стержней выполняют с учетом усадки сплава. Для изготовления отливок без внутренних полостей стержни обычно не применяют.

**Модельная плита** — металлическая гладкая или со сложным разъемом плита с закрепленными на ней моделями отливки и элементов литниковой системы.

**Формовочные шаблоны** (протяжные и шаблоны вращения) применяют для изготовления форм и реже стержней. *Шаблоны вращения* используют при изготовлении форм для получения отливок — тел вращения. *Протяжные шаблоны* применяют для изготовления форм, имеющих прямолинейные и реже криволинейные очертания.

**Контрольные шаблоны** применяют для проверки размеров форм и стержней, а также для контроля правильной их сборки.

**Модели элементов литниковой системы** служат для образования в форме каналов, по которым жидкий металл подводится к полости формы и питает отливку в процессе ее кристаллизации.

В современной практике в модельном комплекте часто отсутствуют те или иные его составляющие. Однако во всех случаях имеется модель.

*По виду литьевого сплава* различают модели для стального, чугунного и цветного литья.

*По способу получения литьевых форм* различают модели для машинной и ручной формовки.

*По материалу* модели подразделяются на деревянные, металлические, гипсовые, цементные, железобетонные, пластмассовые и комбинированные (дерево и металл или пластмасса).

*По конструкции* модели бывают разъемные, неразъемные, с отъемными частями и специальные (скелетные и шаблонные).

Деревянные модели делятся на три класса по прочности. *Модели первого класса* изготавливают из прочных пород дерева (бук, орех) и применяют в крупносерийном производстве при ручной и машинной формовке. *Модели второго класса* выполняют из березы или липы и применяют в мелкосерийном производстве. *Модели третьего класса* изготавливают из сосны или ели и применяют в индивидуальном производстве.

*Деревянные модели* маркируют в соответствии с изготавляемым по ним

литым деталям и окрашивают в красный цвет (чугунные отливки), синий (стальные отливки) и желтый (отливки из цветных сплавов). Стержневые знаки на моделях окрашивают в черный цвет, а отъемные части модели окантовывают черной полоской.

Модель и стержневой ящик контролируют и выполняют так, чтобы не было резких и острых переходов по толщине от одной части отливки к другой. Обязательное условие технологичности литой детали — простота ее конструкции с использованием для ее изготовления минимального количества литьевых стержней.

**Формовочный инструмент.** При изготовлении песчано-глинистых и некоторых других форм и стержней применяют инструмент, который условно делится на две группы: инструмент для наполнения опок и стержневых ящиков формовочной или стержневой смесью и последующего ее уплотнения (лопаты, ручные и пневматические трамбовки, линейки); инструмент для извлечения модели из полости формы и отделки поверхности формы и стержней (крючки, подъемники, гладилки, ложечки, ланцеты, пульверизаторы и т. д.).

**Опоки.** Опокой называют металлическую (реже деревянную) рамку, служащую для удержания формовочной смеси, образующей литьевую форму, как при ее изготовлении и транспортировке, так и при последующей заливке и охлаждении отливки. Обычно опоки отливают из стали, чугуна и алюминиевых сплавов. Иногда стальные опоки сваривают из стандартного проката.

**Формовочные и стержневые смеси.** В литьевом производстве применяют большое количество разнообразных формовочных и стержневых смесей. Выбор состава смеси обусловлен ее назначением.

Наиболее распространенные песчано-глинистые смеси классифицируют:

- а) по применению при формовке (облицовочные, наполнительные и единые);
- б) в зависимости от состояния формы перед заливкой (для сырых, сухих, подсущенных и самотвердеющих);
- в) по роду сплава (для чугуна, стали и цветных сплавов).

### **Свойства смесей.**

Качество форм и стержней зависит от рабочих свойств используемых для них смесей: пластичности, прочности, газопроницаемости, огнеупорности, долговечности, пригораемости, выбиваемости и податливости.

**Пластичность** — способность формовочной смеси воспринимать отпечаток модели.

*Прочность* — сопротивляемость формы разрушению в процессе транспортировки и сборки, а также при динамическом и статическом воздействии на нее жидкого металла.

*Газопроницаемость* — способность формы пропускать газы, которые вытесняются из нее жидким металлом, а также выделяются из формы и расплава.

*Огнеупорность* — свойство смеси не плавиться и не спекаться под действием зал итого в форму металла и не образовывать пригар на поверхности отливки.

*Долговечность* — сохранение формовочной смесью своих рабочих свойств в случае повторного использования при изготовлении и заливке форм расплавом.

*Пригораемость* — прочное сцепление формовочного материала с поверхностью отливки в результате их химического и механического взаимодействия в период заливки и затвердевания расплава.

*Сопротивляемость выбивке* — работа, затрачиваемая на выбивку отливок из форм и стержней из отливок.

*Податливость* — способность формы и стержней уменьшаться в объеме под действием усадки остивающей отливки. Особенно это важно для стержней. Плохая податливость форм и стержней часто приводит к появлению в отливках «горячих» трещин.

## Технология изготовления форм

Наиболее сложной и трудоемкой операцией изготовления отливки является **формовка** — процесс изготовления формы.

Средняя трудоемкость формовочных работ, в зависимости от степени механизации процесса и сложности литья, составляет 30—60% общей трудоемкости изготовления отливок.

Наиболее распространена формовка по моделям в почве или опоках, шаблонная и машинная.

**Формовка в почве.** Литейную форму полностью готовят на полу литейного цеха (на формовочном плацу). Формы в почве делают открытыми и закрытыми (рисунок 2). При *открытой формовке* верх формы в процессе заливки расплавом остается открытым; при *закрытой формовке* верх формы в этом случае перекрывают заформованной опокой.

Для формовки в почве готовят формовочный плац, так называемую постель. Для производства мелких по размерам и массе отливок готовят *мягкую постель* (рисунок 2,а) — производят рыхление, просев и выравнивание формовочной смеси, покрывая участок формовки облицовочной формовочной смесью. Для производства крупных и в ряде

случаев средних по размеру отливок на формовочном плацу готовят *твердую постель* (рисунок 2,б) — С целью повышения газопроницаемости формы ее дно по профилю отливки выкладывают слоем шлака толщиной 50—80 мм, из которого газы отводятся с помощью металлических труб. Указанный слой шлака перекрывают облицовочной смесью.

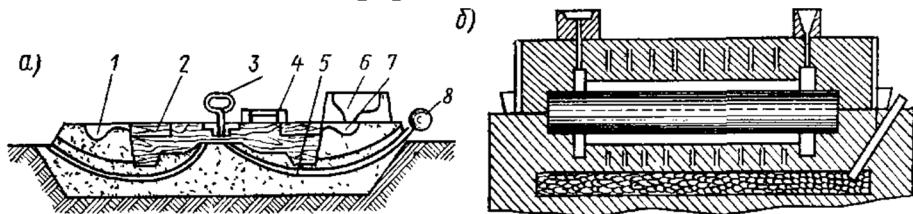


Рисунок 2 – Формовка в почве

При изготовлении твердой постели используют и кирпичную кладку, а промежутки между кирпичами засыпают шлаком

*Открытую формовку* применяют для отливки деталей с плоской поверхностью (плиты, колосники, грузы, каркасы и т. д.).

Открытая формовка дает экономию формовочной смеси, опок и труда затрат. Однако поверхность верхней части отливки получается неровной с включениями шлака и формовочной смеси; это недостаток способа формовки.

*Закрытую формовку* применяют для получения отливок с чистой или фасонной верхней частью. В этом случае на приготовленную твердую постель (рисунок 2,б) укладывают нижнюю часть модели и несколько осаживают ее в смесь. Затем выполняют все технологические операции открытой почвенной формовки и укладывают верхнюю часть модели. Поверхность уплотненной вокруг модели формовочной смеси и саму модель посыпают разделительным составом (мелким сухим песком) и устанавливают пустую опоку. Правильную центровку опоки по отношению к нижней половине формы осуществляют деревянными колышками.

*Формовка в опоках* широко применяется при ручном и машинном способе изготовления песчано-глинистых литьевых форм. В зависимости от конфигурации отливки, ее размеров и сложности применяют следующие способы формовки, в двух опоках по цельной модели, в двух опоках по разъемной модели; в трех и более опоках, по модели с отъемными частями; стопочная; формовка в жакетах (безопочная) и др.

*Форму в двух опоках по неразъемной модели* (т. е. верхнюю и нижнюю полуформы) готовят в такой последовательности (рисунок 3).

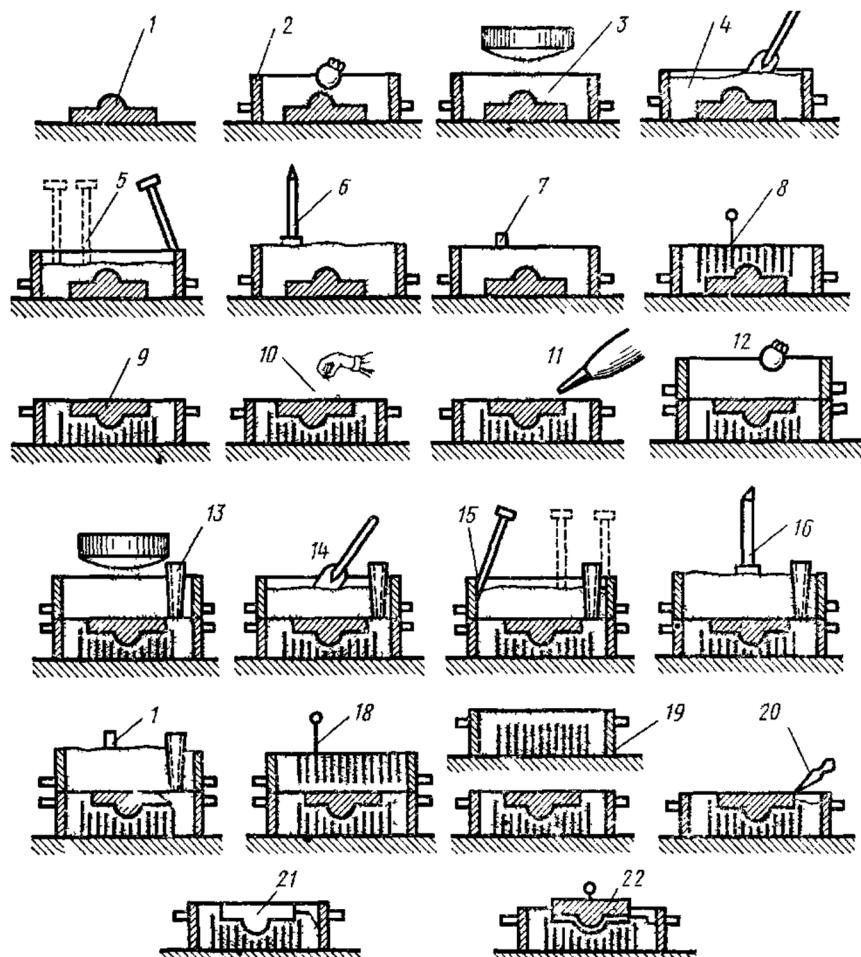


Рисунок 3 - Изготовление формы в двух опоках по неразъемной модели

*Стопочную формовку* применяют для отливки мелких деталей; она требует небольших площадей формовочного отделения. Возможны два вида стопочной формовки: этажный и ступенчатый.

При *этажном способе формовки* (рисунок 4,а) 10—12 и более опок ставят друг на друга и соединяют одним стояком, через который заливают металл во все опоки. Продолжительность процесса заливки сокращается, вес литников уменьшается.

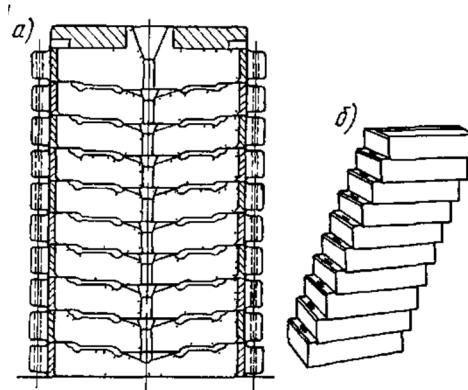


Рисунок 4 - Стопочные формы

При *ступенчатой формовке* (рисунок 4,б) каждая опока имеет само-

стоятельную литниковую систему. Опоки устанавливают друг на друга в виде ступеней. Каждая вышележащая форма сдвинута относительно нижней формы на ширину литейной чаши.

При *безопочной формовке* применяют двусторонние модельные плиты. Для предотвращения прорыва металла в плоскости разъема формы, а также для того, чтобы верхнюю половину формы нельзя было сдвинуть

*Формовку по шаблонам* проводят в почве при помощи профилированных досок-шаблонов, когда требуется быстро отлить детали больших размеров

### **Получение жидкого металла для литейного производства**

Жидкий металл в литейных цехах получают путем плавления различных шихтовых материалов.

Для производства **чугунных и стальных отливок** в качестве шихты применяют металлические материалы, топливо и флюсы. Металлическую часть шихты составляют из определенного количества литейного или передельного чугуна, чугунного и стального лома, оборотного металла (литники, брак, всплески, стружка, высечка) и небольшого количества ферросплавов. Для расплавления шихты в вагранках сжигают кокс, кокс с добавкой природного газа и иногда антрацит. При выплавке чугуна и стали используют флюсы: известняк, доломит, плавиковый шпат; апатитовую руду, мартеновский шлак. Назначение флюсов — понизить температуру плавления образующегося шлака.

Для производства **отливок из цветных сплавов** металлическую часть шихты составляют из первичных и вторичных металлов и сплавов. *Первичные металлы* производят на металлургических заводах. *Вторичные металлы и сплавы* получают путем переплавки цветного лома и стружки в печах с последующей разливкой расплавленного металла в плоские изложницы. В металлическую шихту для производства отливок из цветных сплавов обычно добавляют *лигатуру* (специально приготовленный сплав из двух или нескольких металлов). Так, при изготовлении отливок из бронзы в шихту добавляют олово в виде лигатуры меди и олова. Флюсами при плавке цветных металлов обычно служат хлористые и фтористые соли щелочных и щелочноземельных металлов.

**Плавильные агрегаты** обеспечивают получение жидкого металла требуемого химического состава при минимальном угаре, экономном расходе топлива и электроэнергии. Размеры плавильных агрегатов, их производительность соответствуют потребности литейного цеха в жидким металле. В литейных цехах для плавки стали применяют электрические дуговые печи, небольшие конверторы с боковым дутьем и мартеновские

печи; для плавки чугуна — вагранки, электрические индукционные печи промышленной частоты; для плавки цветных сплавов — различные электрические и пламенные печи.

### **Технологические процессы получения отливок**

**Заливка форм.** Металл, выплавленный в печах, выпускают в ковши, из которых разливают по формам. Емкость ковшей равна от 25—35 кг до 10 т.

Кожух ковшей готовят из котельного железа. Малые ковши изнутри обмазывают глиной; крупные — выкладывают оgneупорным кирпичом или набивают оgneупорной массой. Перед заполнением металлом ковши следует хорошо просушить и нагреть,

**Охлаждение отливок.** Отливку охлаждают в форме до температуры, которая исключает ее разрушение или образование «холодных трещин» при выбивке. В механизированных цехах чугунные и мелкие стальные отливки выбивают при температуре 500 — 800° С. Крупные и средние по массе отливки — при более низкой температуре.

**Выбивка форм.** После затвердевания и достаточного охлаждения отливки выбивают из формы. Выбивать начинают, когда температура, например чугунной отливки, не превышает 400—600° С.

**Очистка литья.** Отливку, освобожденную от стержней и формовочной смеси, очищают от пригоревшей формовочной смеси. Кроме того, с отливки необходимо удалить литники и заливы. Очистка литья может быть ручной и механизированной.

## **3.Литье в кокиль (металлические формы)**

Литье в металлические формы (кокиль) является одним из прогрессивных способов получения отливок из чугуна, стали и цветных сплавов массой от нескольких граммов до десятков тонн.

Сущность процесса заключается в многократном применении металлической формы, имеющей гораздо более высокую стойкость, чем обычная песчано-глинистая, поэтому их иногда называют постоянными.

Полости в отливке выполняют при помощи металлических или песчаных стержней, которые извлекают из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры. Конструкция металлических форм зависит от конфигурации и массы отливок, вида сплава и способа его заливки в форму, масштабов производства и других факторов.

Процесс получения отливок в металлических формах легко поддается механизации. Производительность существующих машин колеблется в пределах 4 — 200 отливок в час

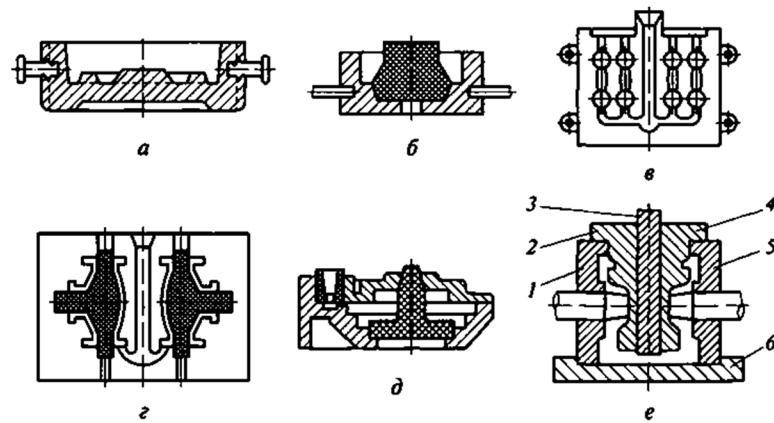


Рисунок 5 - Конструкции металлических форм:

- а — одногнездная неразъемная форма;
- б — полуметаллическая форма с песчаным стержнем;
- в — многогнездная форма с вертикальной плоскостью разъема;
- г — полуметаллическая форма;
- д — форма с горизонтальной плоскостью разъема;
- е — форма с двумя разъемами и металлическими стержнями;
- 1, 5 — вертикальные половины формы;
- 2, 3, 4 — отдельные части стержня, формирующие внутреннюю полость;
- 6 — поддон

### ***Контрольные вопросы:***

1. Какие материалы применяются в литейном производстве?
2. Какой способ производства отливок целесообразно использовать в единичном производстве? Почему?
3. Что называется опокой? Какими они бывают?
4. Из каких операций состоит технологический процесс получения отливок?