

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»
Ачинский филиал

О.В. Пиляева

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

*Методические указания к выполнению
лабораторно-практических работ*

Электронное издание

Красноярск 2020



Рецензент

Л.Ю. Фомина, канд. пед. наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и городские сооружения» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Пиляева, О.В.

Литейное производство [Электронный ресурс]: метод. указания к выполнению лабораторно-практических работ / О.В. Пиляева; Краснояр. гос. аграр. ун-т; Ачинский ф-л. – Красноярск, 2020. – 46 с.

В методических указаниях рассмотрены два способа получения отливок: литье в песчано-глинистые формы и литье в кокиль.

Предназначено для студентов всех направлений обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

© Пиляева О.В., 2020

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Ачинский ф-л, 2020



Содержание

Введение	4
1. Литье в песчано-глинистые формы.....	5
2. Литье в кокиль	33
Заключение	44
Список использованных источников	45



ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – один из технологических процессов получения изделия заполнением расплавленным металлом заранее подготовленной формы, в которой металл отвердевает. Значение литейного производства в машиностроении характеризуется тем, что более 75% по весу всех деталей машин и орудий являются литыми. Изготовление деталей путем отливки является не только простым, а потому и дешевым способом, но часто при очень сложных конструкциях и крупных размерах деталей – и единственным. Литейным процессом можно получить изделия и из таких металлов, которые не обладают способностью коваться. В литейном производстве детали машин изготавливаются индивидуальным, серийным и в некоторых случаях массовым порядком.

В методических указаниях рассмотрено получение отливок двумя способами. Теоретические сведения изложены доступным языком, что позволит студенту самостоятельно изучить материал.



1. ЛИТЬЕ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ ФОРМЫ

Цель работы: ознакомиться с технологией литья в песчано-глинистые формы и рассчитать параметры литниковой системы

Теоретические сведения

Литейное производство – отрасль машиностроения, изготавливающая заготовки или детали (отливки) заливкой расплавленного металла (расплава) заданного химического состава в полость литейной формы, имеющей конфигурацию отливки. При охлаждении расплав затвердевает и сохраняет конфигурацию полости формы. Литьем можно изготавливать изделия очень сложной конфигурации, которые другими видами обработки – ковкой, штамповкой, сваркой – получить трудно или невозможно.

Литьем изготавливают: заготовки деталей общего назначения, к которым не предъявляются особые требования по механическим и эксплуатационным свойствам; заготовки ответственных деталей, таких как детали двигателей внутреннего сгорания (блоки цилиндров, поршни), рабочие колеса и лопасти газовых турбин, и т.д. Масса отливок может быть от нескольких граммов (детали приборов) до десятков тонн (станины станков, роторы турбогенераторов).

Жидкий металл заливают в разовые формы (после изготовления отливки их разрушают) и многократные (в одной форме можно получить от десятка до нескольких десятков тысяч отливок). В зависимости от материала (песчано-глинистая смесь, сплавы различных металлов, огнеупоры, гипс, цемент и др.), из которого изготовлена литейная форма, их делят на *разовые*, *полупостоянные* и *постоянные*.

Разовыми называются формы из песчано-глинистых смесей. Они служат для получения лишь одной отливки. При выбивании готовой отливки форма разрушается.

Полупостоянными называются формы, изготовленные из огнеупорных материалов – шамота, магнезита и др. Такие формы выдерживают несколько десятков заливок.

Постоянными называются формы, изготовленные из сплавов различных металлов. Такие формы называют *кокиль*. В них может быть получено от несколько сотен до десятков тысяч отливок. Лучшим материалом для изготовления кокилей является серый чугун, который удовлетворяет основным требованиям металлической формы –



достаточная теплопроводность, хорошо противостоит разгару и короблению. Также кокили изготавливают из сталей и иногда из цветных металлов.

Для изготовления разовых форм применяются единые, облицовочные и наполнительные формовочные смеси. Единые смеси, как правило, используется для формовки по сырому, т.е. когда заливка металла производится в сырые формы. Облицовочные смеси служат для выполнения поверхности формы, непосредственно контактирующей с металлом.

Их применяют при изготовлении средних и крупных форм, которые подвергают сушке или поверхностной подсушке. Облицовочную смесь наносят на модель слоем 50-60 мм, остальной объем опоки заполняют наполнительной смесью. В последнее время в качестве облицовочных смесей крупных форм используют самотвердеющие смеси, позволяющие исключить операцию сушки.

В зависимости от условий работы и технологического процесса изготовления отливки формовочные и стержневые смеси должны обладать следующими основными свойствами:

1) прочностью – способностью форм и стержней не разрушаться под действием внешних усилий;

2) поверхностной прочностью (осыпаемостью) – сопротивлением поверхностного слоя формы или стержня истирающим усилиям;

3) поверхностной твердостью – способностью поверхности формы (или стержня) сопротивляться проникновению в нее более твердого тела;

4) газопроницаемостью – способностью смеси пропускать через себя газы, выделяемые формой и жидким металлом; если газопроницаемость смеси недостаточна, то газы попадают в металл, вызывая брак отливки. Газопроницаемость формовочной смеси зависит от величины и формы зерен формовочного песка, количества глины в смеси, влажности и степени уплотнения смеси при формовке. Чем крупнее и однороднее зерна песка, тем больше размеры пустот между ними и тем легче проходят газы через стенки формы или стержня. Однако грубые и очень крупные пески дают шероховатую неровную поверхность отливки. Средние и мелкие пески способствуют образованию ровной и гладкой поверхности отливки, но газопроницаемость их в несколько раз ниже. Поэтому при выборе песка руководствуются ве-



сом и конфигурацией отливки. Содержание глины в небольших количествах (6-7%) практически не снижает газопроницаемости, так как глина в виде оболочки окружает зерна песка, незначительно уменьшая сечения каналов для прохода газов. При обычном содержании глины в смеси (8-12%) газопроницаемость снижается более чем на 20%;

5) малой газотворностью – способностью смеси выделять газы при нагревании;

6) текучестью – способностью смеси перемещаться под действием внешних усилий или собственного веса;

7) податливостью – способностью форм и стержней сжиматься при усадке остывающей отливки;

8) влажностью – способностью смеси удерживать влагу;

9) низкой гигроскопичностью – способностью компонентов поглощать влагу из окружающей среды;

10) малой прилипаемостью – способностью смеси прилипать к стенкам модели или стержневого ящика;

11) огнеупорностью – способностью смеси выдерживать высокую температуру без оплавления;

12) низкой пригораемостью – способностью смеси привариваться к стенке отливки в результате механического и химического взаимодействия с металлом;

13) высокой выбиваемостью – способностью форм и стержней легко разрушаться после охлаждения отливки;

14) долговечностью – способностью смеси сохранять свои свойства после повторных заливок;

15) «живучестью» – способностью смесей сохранять свои физико-механические свойства от момента их приготовления до применения.

В литейных цехах контроль качества формовочных и стержневых смесей сводится к определению следующих физико-механических характеристик: влажности, газопроницаемости, предела прочности при сжатии во влажном и высушенном состояниях, предела прочности при растяжении, а иногда при изгибе.

Кроме того, при разработке новых составов смесей производят определение газотворности, осыпаемости, поверхностной твердости, долговечности, текучести, выбиваемости и «живучести».

Принципиальная схема литья (на примере разовой разъемной литейной формы) показана на рисунке 1.1.



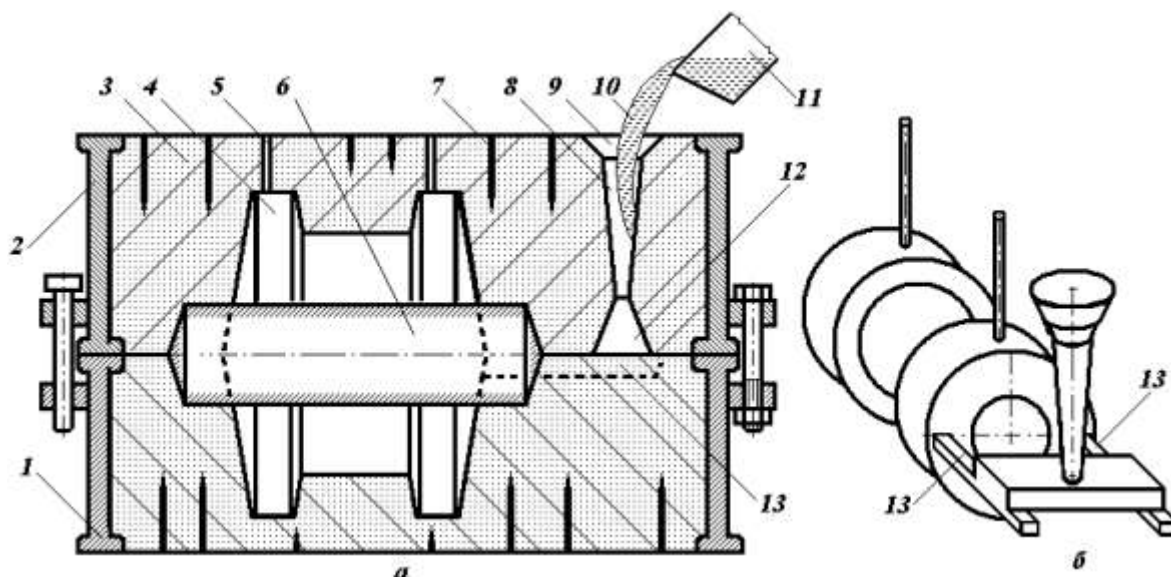


Рисунок 1.1 – Схема процесса литья в разовые разъемные формы:

- а – принципиальная схема; б – отливка после выбивки;
- 1, 2 – нижняя и верхняя опоки; 3 – форма; 4 – полость формы;
 5 – выпор; 6 – литейный стержень; 7 – вентиляционный канал;
 8 – вертикальный канал (стояк); 9 – литниковая чаша (воронка);
 10 – расплавленный металл; 11 – ковш; 12 – шлакоуловитель;
 13 – горизонтальные каналы (питатели)

Жидкий металл *10* из ковша *11* заливается в литейную форму и через систему каналов поступает в полость *4* формы *3*, заполняет ее и затвердевает. После затвердевания, извлечения из формы и обработки получается отливка (рис. 1.1, б). Для получения отверстий, полостей и других усложнений конфигурации отливок применяют стержни *б*, которые устанавливаются при сборке формы.

Для получения отливки необходимо наличие трех технологических элементов: литейный материал, технологическое литейное оборудование и технологическая литейная оснастка.

Литейные материалы (металлические сплавы, пластмассы, резина, керамика) должны обладать высокими литейными (технологическими), механическими и эксплуатационными свойствами.

При проектировании любой детали в первую очередь учитываются механические свойства сплава, но и дополнительно необходимо учитывать литейные свойства сплава, которые определяют возможность получения качественной отливки, т.е. отливки, отвечающей заданным требованиям. Наиболее важные литейные свойства сплавов:

- а) жидкотекучесть;
- б) усадка;
- в) склонность к ликвации и поглощению газов.



Жидкотекучесть – это способность жидких металлов и сплавов заполнять ее полости и четко воспроизводить рельеф отливки. Жидкотекучесть сплава зависит от его физико-химических свойств (прежде всего – температуры ликвидус) и технологических факторов, прежде всего – температуры заливки. Для сплавов, затвердевающих при постоянной температуре (чистые металлы и эвтектические сплавы) или в узком интервале температур (до 30 °С), характерно последовательное затвердевание с образованием сплошной твердой корки на поверхности канала формы. Внутри этой корки остается жидкая фаза, способная затекать в канал. Сплавы с широким интервалом температур кристаллизации затвердевают с образованием разветвленных дендритов по всему сечению потока. Эти расплавы теряют способность течь в канале формы при наличии твердой фазы 20-30% от объема. С повышением температуры перегрева сплава жидкотекучесть увеличивается.

Усадка – это свойство литейных сплавов уменьшаться в объеме и линейных размерах при затвердевании и охлаждении. Усадочные процессы протекают с момента заливки расплавленного металла в форму вплоть до полного охлаждения отливки. На величину усадки влияют прежде всего химический состав сплава, температура заливки и свойства литейной формы. С повышением температуры заливаемого сплава усадка отливки увеличивается. Различают линейную и объемную усадку.

Линейная усадка – это уменьшение линейных размеров отливки при ее охлаждении от температуры заливки до температуры окружающей среды. Величина линейной усадки может варьироваться от 1% у серого чугуна до 1,5-2% у сталей и цветных сплавов.

Относительное изменение линейных размеров отливки $l_{от}$ по сравнению с размерами формы, выраженное в процентах, определяет линейную усадку ε , которая имеет место в твердожидком и твердом состояниях

$$\varepsilon = \frac{l_{ф} - l_{от}}{l_{от}} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

где $l_{ф}$ и $l_{от}$ – размеры полости формы и отливки соответственно при комнатной температуре.

Объемная усадка – это уменьшение объема сплава при его охлаждении в литейной форме. Объемная усадка приводит к образованию в отливках усадочных раковин, усадочной пористости, трещин и короблений.



Относительное изменение объемов отливки $V_{от}$ по сравнению с объемом формы $V_{ф}$, выраженное в процентах, определяет объемную усадку $\epsilon_{об}$, которая имеет место в жидком, жидкотвердом и твердожидком состояниях

$$\epsilon_{об} = \frac{V_{ф} - V_{от}}{V_{от}} \cdot 100\%. \quad (1.2)$$

С усадкой сплава связаны многие затруднения в производстве отливок. При торможении усадки (выступами формы, стержнями) в отливке возникают напряжения, которые могут вызвать ее коробление или образование трещин.

Для снятия усадочных напряжений применяют отжиг. Для этого отливки нагревают до высоких температур (но ниже температуры солидус) и медленно охлаждают вместе с печью. При медленном охлаждении (20 градусов в час) перепада температур в разных точках отливки не будет, и следовательно, все ее части будут усаживаться равномерно. Часто отливки после предварительной (черновой) механической обработки просто вылеживаются длительное время перед окончательной обработкой.

Ликвация – это неоднородность химического состава по сечению отливки. Ликвация возникает в процессе затвердевания отливки из-за различной растворимости отдельных компонентов сплава в его жидкой и в твердой фазах. Чем больше это различие, тем неоднороднее распределяются компоненты.

Различают два основных вида ликвации: внутрикристаллическую (или дендритную), характеризующуюся неоднородностью зерна металла, и зональную, когда различные зоны отливки имеют различный химический состав. Простейший случай ликвации связан с большой разницей плотностей компонентов сплава. Так, при литье свинцовой бронзы в нижних частях отливки содержание свинца будет выше, чем в верхних частях. Концентрация меди (более легкого компонента), наоборот, увеличится в верхних частях отливки.

В период затвердевания отливки из металла выделяются газы, которые растворены в расплаве. В результате этого в отливке образуются газовая пористость или газовые раковины, значительно понижающие комплекс механических свойств отливки. Источником газовых раковин может быть и форма при недостаточной ее газопроницаемости и при выделении ею большого количества газов. Газовые раковины чаще всего образуются около поверхности горизонтально расположенных стенок отливки, а также в местах, где затруднен газоотвод.



Литейное оборудование – это совокупность машин, автоматов, установок, плавильных печей, заливочных устройств, манипуляторов, предназначенных для выполнения процессов и операций изготовления отливок.

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

Стержневой ящик – формообразующее изделие, имеющее рабочую полость для получения в ней литейного стержня нужных размеров и очертаний из стержневой смеси. Обеспечивают равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Изготавливают из тех же материалов, что и модели. Могут быть разъемными и неразъемными (вытряхными), а иногда с нагревателями.

Изготовление стержней может осуществляться вручную и на специальных стержневых машинах.

Модельные плиты формируют разъем литейной формы, на них закрепляют части модели. Используют для изготовления опочных и безопочных полуформ.

Для машинной формовки применяют координатные модельные плиты и плиты со сменными вкладышами (металлическая рамка плюс металлические или деревянные вкладыши).

Литейная форма – это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой жидким металлом формируется отливка. Основные требования, предъявляемые к литейным формам, следующие:

Прочность – чтобы под действием напора расплава форма не только не разрушилась, но и не изменила размеры.

Газопроницаемость – чтобы газы, находящиеся как в полости формы, так и в расплаве, могли удаляться (во избежание газовой пористости и газовых раковин в отливках).

Стойкость к химическому взаимодействию с расплавом – чтобы обеспечить простоту извлечения и очистки отливок.

Литейная форма изготавливается с использованием следующей литейной оснастки:

➤ **Литейная модель.** Для изготовления разовых форм применяются литейные модели, обеспечивающие образование в форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливки.



Модели изготавливаются из дерева, пластмасс или металлических сплавов и могут быть разъемными и неразъемными, разовыми и многократными. Модели для литья в разовые земляные формы изготавливают деревянными: для защиты от влаги, вызывающей разбухание древесины и изменение размеров, модели окрашивают в красный цвет – для чугунного литья, синий – для стального, желтый – для цветного.

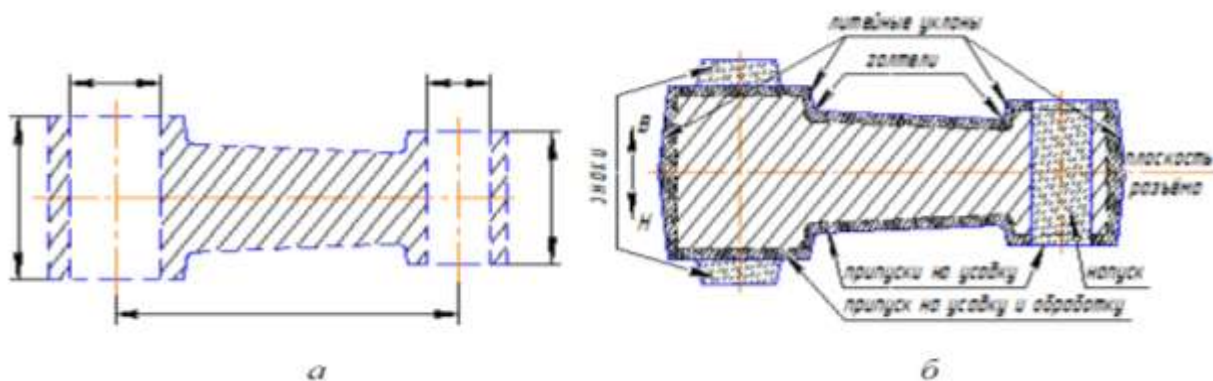


Рисунок 1.2 – Литейная модель:
а – чертеж детали; б – чертеж модели

➤ **Литейный стержень** – элемент литейной формы, предназначенный для образования отверстия, полости или иного сложного контура в отливке. Во многом благодаря применению стержней при литье возможно получение заготовок самой сложной конфигурации. Стержни, как и формы, могут быть разовыми и многократными, цельковыми и сборными.

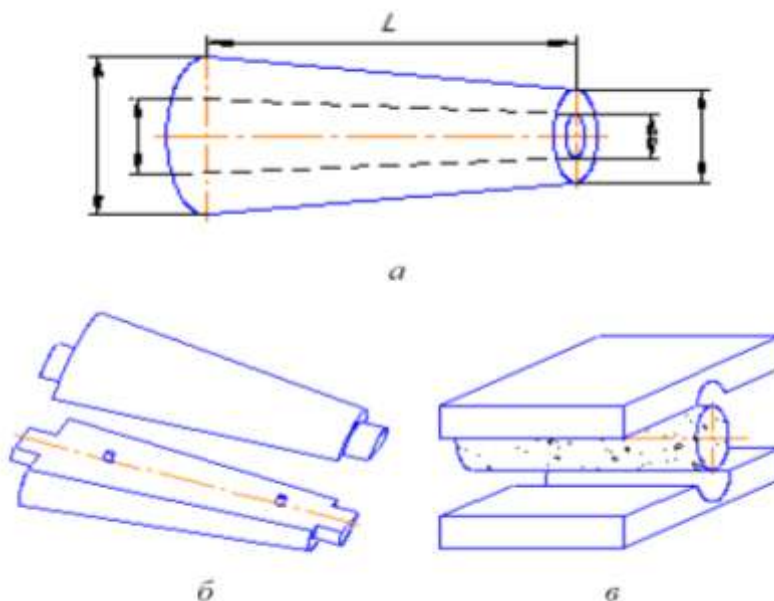


Рисунок 1.3 – Изготовление литейного стержня:
а – чертеж модели; б – модель; в – ящик со стержнем



Технология литья представляет собой совокупность большого количества отдельных процессов литейного производства, которые можно объединить в следующие этапы:

➤ Технологическая подготовка процесса изготовления отливки. На основании конструкторской (чертеж детали, технические требования, условия работы детали в узле ...) и технологической документации (величина партии, технологический маршрут обработки...) осуществляется выбор способа литья, разработка чертежа отливки, проектирование технологической оснастки (модель, стержни, литейная форма ...) разработка технологии, включая определение последовательности и технологических параметров отдельных процессов, операций и переходов.

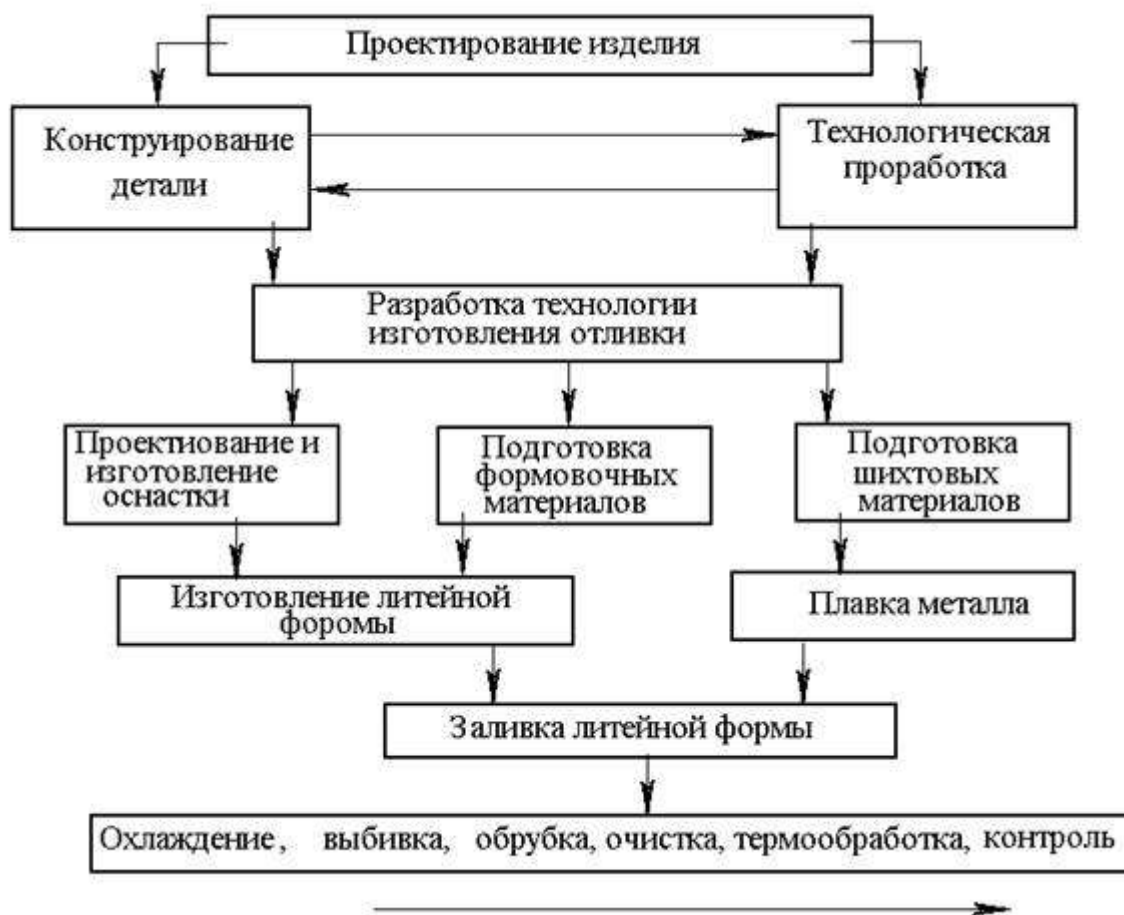


Рисунок 1.4 – Схема получения отливки

➤ Изготовление формы. На основании разработанных чертежей изготавливаются модель, стержни, необходимая технологическая оснастка. При литье в неметаллические формы наиболее ответственным и трудоемким процессом является формовка – изготовление литейных форм и стержней из формовочных и стержневых смесей. Чаше



всего литейная форма – разъемная (состоит из двух частей), что позволяет получать большинство отливок. Разовые формы, как и стержни, изготавливаются уплотнением формовочной (стержневой) смеси в опоках (стержневых ящиках). Готовые части формы (полуформы) и стержни поступают на операцию сборки форм, которая включает установку, соединение и закрепление литейных стержней в литейной форме и частей формы между собой. Параллельно с формовкой и сборкой в плавильном отделении литейного цеха производится плавка – получение расплава нужного химического состава и температуры.

➤ Заливка форм и охлаждение металла отливок. Собранные формы при помощи ковша или литейной машины заливают расплавом. Температура расплава равна: $t_{\text{заливки}} = t_{\text{ликвидус}} + (100 \dots 150) \text{ } ^\circ\text{C}$. Заполнение формы расплавом требует определенного времени, что ограничивает производительность литья в целом. Для повышения качества отливок используется воздействие центробежных сил, электромагнитных полей, ультразвука и т.д.

➤ Извлечение из форм и обработка отливок. Охлажденная до заданной температуры отливка удаляется из формы, и из нее извлекаются стержни.

Выбивка – извлечение отливки из формы. При литье в разовые формы эта операция осуществляется на вибрационных решетках.

Обрубка – отделение от отливок элементов литниковой системы, заливок по разьему формы и неровностей поверхности. Осуществляется с помощью пневмомолотков (отливки из чугуна) и пневмозубил, резкой газом или плазмой (стальные отливки), абразивным и другим инструментом.

Очистка поверхности отливок от пригара, остатков формовочной и стержневой смеси. Для очистки применяют такие способы, как галтовка, дробеметный, электрохимический и др. Во вращающихся галтовочных барабанах пригар удаляется за счет трения поверхностей отливок друг о друга и о дополнительно загружаемые звездочки из белого чугуна. При дробеметном способе поверхность отливки очищается под воздействием потока чугунной или стальной дроби диаметром 1-3 мм. Скоростной поток дроби создается с помощью сжатого воздуха (в дробеструйных установках) или вращающихся лопаток (в дробеметных установках).

Зачистка – механическая обработка поверхности отливок с целью приведения ее в соответствие с требованиями по качеству поверхности. При этом удаляются остатки питателей, заливы по плос-



кости разъема формы и у знаковых частей стержней. Зачистку чаще всего осуществляют с помощью шлифовальных кругов и на обрезных прессах.

Термообработка отливок производится при необходимости повышения прочности (закалка), пластичности, обрабатываемости резанием, снятия внутренних напряжений (отжиг). В последнем случае часто ограничиваются длительным вылеживанием отливок на складе.

Контроль качества отливок предусматривает проверку соответствия продукции техническим условиям, включая отсутствие дефектов строения. Внешний осмотр позволяет выявить наружные дефекты (раковины на поверхности, сквозные трещины, перекося и т.д.). Точность размеров и шероховатость поверхности определяют с помощью мерительного инструмента (штангенциркулей, шаблонов, калибров) и специального оборудования (профилометров, координатно-измерительных машин). Для контроля структуры отливок применяют металлографию. С помощью неразрушающих методов контроля, таких как ультразвуковой, вихретоковый, рентгеновский, контролируют внутреннее строение металла.

Для подвода расплавленного металла в полость формы, ее заполнения и питания отливки при затвердевании используется **литниковая система** – система вертикальных и горизонтальных каналов. Эта система должна обеспечивать заполнение литейной формы жидким металлом с необходимой скоростью, непрерывную подачу расплавленного металла к затвердевающей отливке, выход паров и газов из полости формы, задержание шлака и других неметаллических включений, иметь, по возможности, малый вес и легко отделяться от отливки.

Литниковая система (рис. 1.5) состоит из литниковой чаши 1, стояка (вертикального конического канала) 2, шлакоуловителя 3 и питателей 4. Литниковая чаша служит для приема жидкого металла из ковша. В ней ослабляется динамический напор струи и частично отделяется из металла шлак. Шлакоуловитель трапецеидальный, сечение его большее, чем у питателей. Поэтому шлаковые и земляные включения успевают всплыть на поверхность металла и задержаться в шлакоуловителе. Питатели служат для подвода жидкого металла в полость формы и располагаются в нижней ее половине.



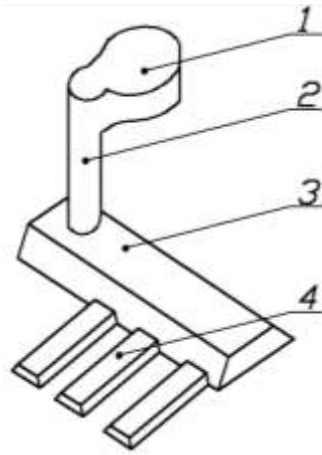


Рисунок 1.5 – Литниковая система

Во избежание брака отливок литниковая система должна быть заполнена жидким металлом на протяжении всего времени заливки формы. Разрыв струи приводит к засасыванию воздуха и шлака в полость формы и к образованию оксидных пленок. Поэтому между элементами литниковой системы (питатели, шлакоуловитель, стояк) должно соблюдаться определенное соотношение, величина которого определяется маркой литейного сплава:

- для серого чугуна: $F_{\text{п}} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,3 : 1,1$;
- для стали: $F_{\text{п}} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,2$;
- для цветных сплавов: $F_{\text{п}} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}} = 1,5 : 1 : 0,9$.

Расчет литниковой системы производится по способу Озанна-Диттерта.

Сечение питателей находим по формуле

$$\sum F_n = \frac{G}{\rho \cdot t \cdot \mu \cdot \sqrt{2gH_p}}, \quad (1.3)$$

где G – масса отливки с литниковой системой, кг;

ρ – плотность материала отливки, кг/см³ (сталь 0,0073 кг/см³; чугун 0,0078 кг/см³; алюминий 0,0023 кг/см³);

t – продолжительность заливки, с;

μ – коэффициент расхода литниковой системы;

g – ускорение силы тяжести, см/с²; $g=981$;

H_p – расчетный напор металла, см.

$$G = \frac{G_{\text{отл}}}{v} \times 100\%, \quad (1.4)$$

где $G_{\text{отл}}$ – масса отливки, кг;

v – выход годного, %.



Продолжительность заливки полости отливки определяем по формуле

$$t = S\sqrt[3]{G \times \delta}, \quad (1.5)$$

где S – коэффициент, учитывающий толщину стенок отливки;
 δ – средняя толщина стенки отливки, мм.

Расчетный напор металла определяется по формуле

$$H_p = H - \frac{P^2}{2C}, \quad (1.6)$$

где H – высота стояка от места подвода расплава в форму, см;

P – высота отливки от места подвода расплава, см;

C – высота отливки, см;

По найденной площади поперечного сечения питателей $F_{\text{п}}$, с учетом количества питателей n , определяем площадь шлакоуловителя $F_{\text{шл}}$ и стояка $F_{\text{ст}}$.

Порядок разработки чертежа модели

Рассмотрим на конкретном примере этапы проектирования. Деталь – корпус подшипника, материал – СЧ21.

Исходным документом для разработки чертежа модели является чертеж детали (рис. 1.6). Модель отличается от детали припусками на величину усадки литейного сплава, а также формовочными уклонами и галтелями.

Произведем оценку детали, эскиз которой представлен на рисунке 1.6 с точки зрения расположения в ней зон качественного металла. Наиболее качественной должна быть зона детали ($\text{Ø}60\text{H}7$), где будет располагаться подшипник. Следовательно, отливка в форме должна быть расположена вертикально, причем внизу должна быть зона подшипника ($\text{Ø}60\text{H}7$). В этом случае возможность извлечения модели из формы будет обеспечена, если плоскость разъема расположить по торцу фланца. Центральное отверстие ($\text{Ø}50$) должно выполняться с помощью стержня. Отверстия во фланце (под крепеж) ввиду малого диаметра получать литьем нерационально, они будут выполняться механически (литьем невыгодно изготавливать отверстия диаметром 20-50 мм, так как стержни для них будут недостаточно прочными и могут разрушиться струей заливаемого металла).



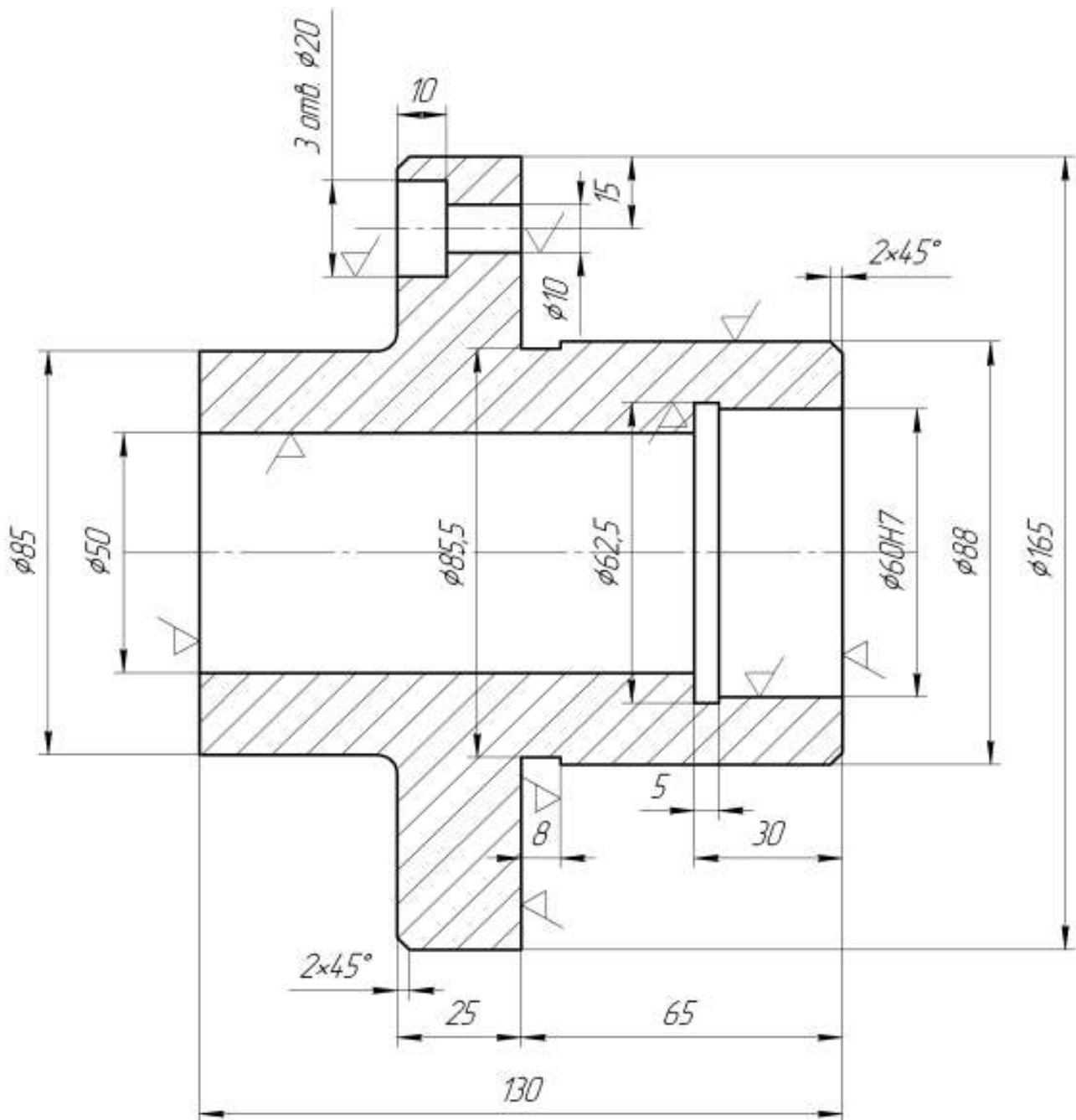


Рисунок 1.6 – Чертеж детали

При выборе положения отливки в форме необходимо по возможности располагать наиболее ответственные части отливки в нижних и боковых частях формы, так как в ее верхних частях сосредотачиваются газовые и шлаковые включения, ухудшающие механические свойства металла. В нижних частях формы следует также располагать тонкостенные части отливки (например, ребра жесткости), причем вертикальное их расположение предпочтительнее горизонтального, так как вертикальные полости формы лучше заполняются расплавленным металлом при заливке. Оптимальным вариантом яв-



ляется расположение (если это возможно) всей отливки в одной, нижней опоке. Однако во всех случаях выбранное положение отливки должно обеспечить удобство изготовления и сборки формы.

По плоскости разъема определяют положение модели в форме, указывая на чертеже стрелками с обозначением букв В (верх) и Н (низ).

Припуском называется слой металла, предназначенный для снятия в процессе механической обработки. Величина припуска должна быть такой, чтобы после механической обработки поверхность детали отвечала требованиям по качеству металла, механическим свойствам и шероховатости. Величина припуска в зависимости от класса точности отливок, размеров и расположения обрабатываемой поверхности по отношению к разъему (верх, низ, бок) регламентируется для чугунного фасонного литья ГОСТ 1855-55, для стального фасонного литья ГОСТ 2009-55 (см. табл. 1.1 и 1.2).

Класс точности отливок определяется в зависимости от типа производства (серийности), материала и состояния модельного комплекта и оснастки, а также других факторов. К первому классу точности относятся отливки, получаемые в крупносерийном и массовом производстве при машинной формовке с использованием, как правило, металлического модельного комплекта. Второй класс точности достигается при машинной формовке по деревянным моделям (среднесерийное производство). Все отливки, получаемые в единичном и мелкосерийном производстве с использованием ручной формовки и деревянного модельного комплекта, относятся, как правило, к третьему классу точности. В нашем примере применяется ручная формовка по деревянной модели, отливка должна быть отнесена к третьему классу точности.

В соответствии с ГОСТ 2.423-73 припуски на механическую обработку на чертежах изображаются сплошной основной линией. Величина припуска указывается либо числом перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона, либо линейным размером. Отверстия, впадины и другие особенности конфигурации детали, не выполняемые литьем, зачеркиваются сплошной линией. Слой металла, оставляемый на месте не выполняемых литьем элементов детали, называется напуском.



Таблица 1.1 – Припуски на механическую обработку для отливок из серого чугуна

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм					
		до 50	50-120	121-200	261-500	501-800	801-1250
II класс точности							
До 120	Верх	3,5	4,0	-	-	-	-
	Низ, бок	2,5	3,0				
121-260	Верх	4,0	4,5	5,0	-	-	-
	Низ, бок	3,0	3,5	4,0			
261-500	Верх	4,5	5,0	6,0	6,5	-	-
	Низ, бок	3,5	4,0	4,5	5,0		
01-800	Верх	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	-
	Низ, бок	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5	
801-1250	Верх	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	8,5
	Низ, бок	4,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,5
1251-2000	Верх	7,0	7,5	8,0	8,0	9,0	9,0
	Низ, бок	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,5
III класс точности							
До 120	Верх	-	4,5	-	-	-	-
	Низ, бок		3,5				
121-260	Верх	-	5,0	5,5	-	-	-
	Низ, бок		4,0	4,5			
261-500	Верх	-	6,0	7,0	7,0	-	-
	Низ, бок		4,5	5,0	6,0		
501-800	Верх	-	7,0	7,0	8,0	9,0	-
	Низ, бок		5,0	5,0	6,0	7,0	
801-1250	Верх	-	7,0	8,0	8,0	9,0	10,0
	Низ, бок		5,5	6,0	6,0	7,0	7,5
1251-2000	Верх	-	8,0	8,0	9,0	9,0	10,0
	Низ, бок		6,0	6,0	7,0	7,0	8,0



Таблица 1.2 – Припуски на механическую обработку для стальных отливок

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм					
		до 120	121-260	261-500	501-800	801-1250	1251-2000
II класс точности							
До 120	Верх	4	-	-	-	-	-
	Низ, бок	4					
121-260	Верх	5	6	-	-	-	-
	Низ, бок	4	4				
261-500	Верх	6	7	7	-	-	-
	Низ, бок	5	5	6			
501-800	Верх	7	8	9	10	-	-
	Низ, бок	5	6	6	7		
801-1250	Верх	8	9	10	10	11	-
	Низ, бок	6	7	7	8	8	
1251-2000	Верх	9	10	10	11	12	13
	Низ, бок	7	7	8	8	9	9
III класс точности							
До 120	Верх	5	-	-	-	-	-
	Низ, бок	4					
121-260	Верх	5	6	-	-	-	-
	Низ, бок	4	5				
261-500	Верх	6	8	9	-	-	-
	Низ, бок	5	6	6			
501-800	Верх	7	8	10	11	-	-
	Низ, бок	5	6	7	7		
801-1250	Верх	9	10	11	12	13	-
	Низ, бок	6	7	8	8	9	
1251-2000	Верх	10	11	12	13	14	16
	Низ, бок	7	8	9	9	10	11

Все поверхности модели, перпендикулярные разъему, должны иметь формовочные уклоны, облегчающие извлечение модели из формы. Следовательно, формовочные уклоны будут иметь место и на отливке, так как последняя повторяет наружную конфигурацию модели. На обрабатываемых поверхностях формовочный уклон назначается сверх припуска на механическую обработку. Значения формовочных уклонов регламентируются ГОСТ 3212-57 (табл. 1.3).



Таблица 1.3 – Уклоны моделей

Измеряемая высота поверхности модели, мм	Модель	
	металлическая	деревянная
До 20	1° 30′	3°
21-50	1°	1° 30′
51-100	0° 45′	1°
101-200	0° 30′	0° 45′
201-300	0° 20′	0° 30′
301-500	0° 20′	0° 30′
501-800	-	0° 30′
801-1180	-	0° 20′
1181-1600	-	0° 20′
1601-2000	-	0° 20′
2001-2500	-	0° 15′
Более 2500	-	0° 15′

Таблица 1.4 – Линейная усадка литейных сплавов

Сплав	Линейная усадка, %		
	Мелкое литье	Среднее литье	Крупное литье
Серый чугун	0,8-1,2	0,6-1,0	0,4-0,8
Сталь	1,8-2,2	1,6-2,2	1,4-1,8
Бронза, латунь	1,6-2,0	1,5-1,9	1,4-1,8
Алюминиевые и магниевые сплавы	1,0-1,5	0,8-1,4	1,8-2,3

Чертеж отливки с нанесенными припусками, напусками и формовочными уклонами для рассматриваемого примера представлен на рисунке 1.7.



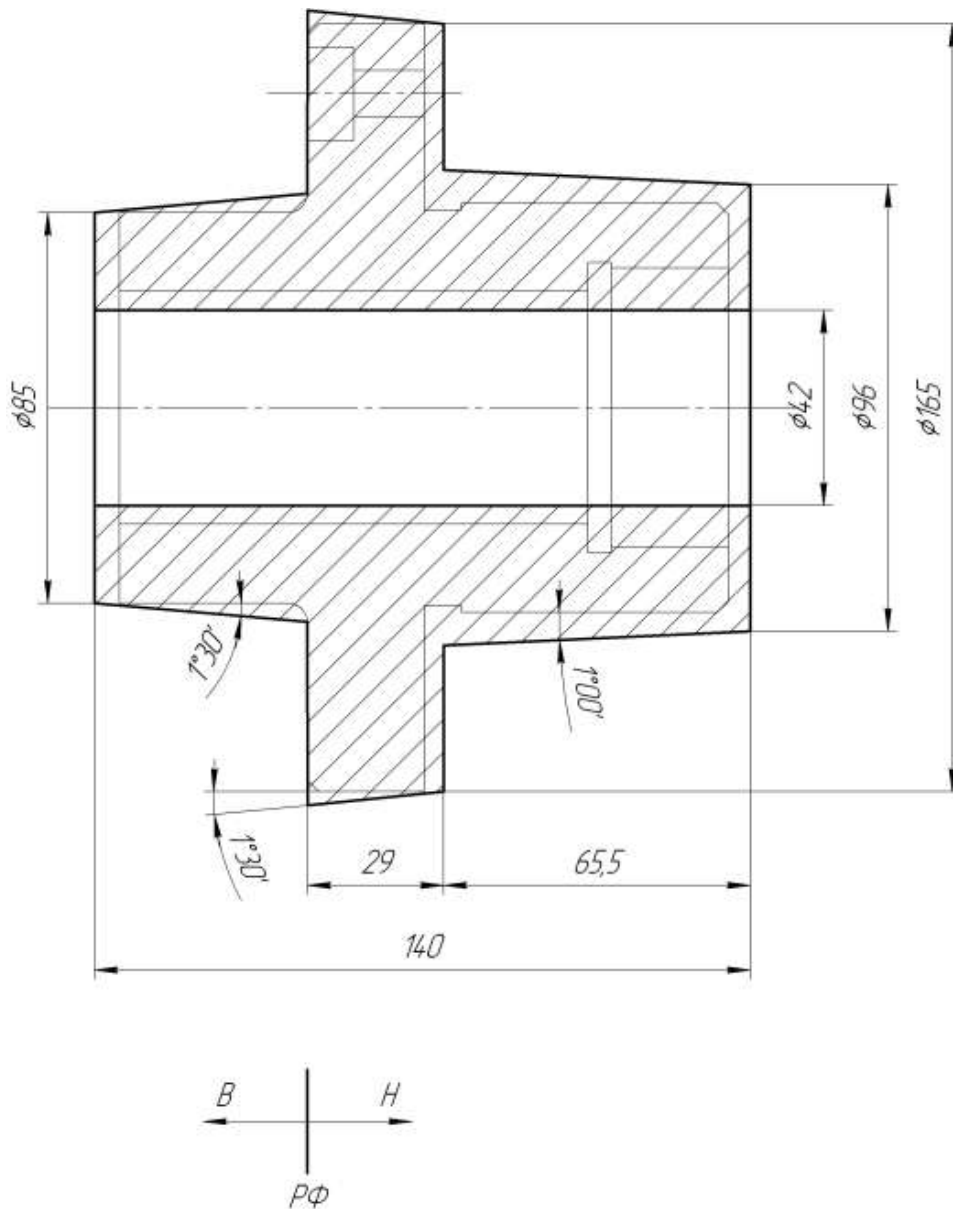


Рисунок 1.7 – Чертеж отливки

На модели могут быть стержневые знаки. При формовке с помощью этих элементов получают соответствующие полости (углубления) в форме, которые служат для установки стержня и его ориентировки при сборке литейной формы. В зависимости от расположения стержня в форме стержневые знаки могут быть горизонтальными и вертикальными. Размеры стержневых знаков регламентируются ГОСТ 3606-80.

Данные для выбора длины горизонтальных знаков представлены в таблице 1.5, высота вертикальных знаков – в таблицах 1.6 и 1.7, уклонов знаков – в таблице 1.8.



Таблица 1.5 – Длина горизонтальных стержневых знаков l , мм

D или (a+b)/2, мм	Длина стержня L, мм							
	до 50	51- 150	151- 300	301- 500	501- 750	751- 1000	1001- 1500	1501-2000
До 25	15	25	40	-	-	-	-	-
25-50	20	30	45	60	-	-	-	-
51-100	25	35	50	70	90	110	-	-
101-200	30	40	55	80	100	120	140	160
201-300	-	50	60	90	110	130	150	180
301-400	-	-	80	100	120	140	160	200
401-500	-	-	100	120	130	150	180	230
501-750	-	-	-	140	150	170	200	250
751-1000	-	-	-	-	180	200	230	280
1001-1250	-	-	-	-	200	230	250	300
1251-1500	-	-	-	-	-	250	280	330

Таблица 1.6 – Высота нижних вертикальных стержневых знаков h , мм

D или (a+b)/2, мм	Длина стержня L, мм							
	до 50	51-150	151-300	301-500	501-750	751- 1000	1001- 1500	1501- 2000
До 25	20	25	-	-	-	-	-	-
25-50	20	40	60	70	-	-	-	-
51-100	25	35	50	70	100	120	-	-
101-200	30	30	40	60	90	110	160	200
201-300	35	35	40	50	80	100	150	190
301-400	40	40	40	50	70	90	140	180
401-500	40	40	40	50	60	80	130	170
501-750	50	50	50	50	60	70	120	160
751-1000	50	50	50	50	50	60	110	150
1001-1250	-	60	60	60	60	60	100	140

Таблица 1.7 – Соотношение высоты нижних (h) и верхних (h_1) вертикальных знаков

h , мм	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120
h_1 , мм	15	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	65	70
h , мм	130		140		150		160	170		180	190		200
h_1 , мм	80		85		90		95	100		110	115		120



Таблица 1.8 – Уклоны стержневых знаков

Высота знака h или h_1 , мм	Стержень			
	Вертикальный		Горизонтальный	
	нижний	верхний	нижний	верхний
	α	β	α	β
До 20	10°	15°	10°	15°
21-50	7°	10°	7°	10°
51-100	6°	8°	6°	8°
101-200	5°	6°	5°	6°
201-300	-	-	5°	6°
301-500	-	-	4°	5°
501-800	-	-	3°	$3^\circ 30'$
Более 800	-	-	$2^\circ 30'$	3°

Чертеж модели для рассматриваемого примера представлен на рис. 1.8.

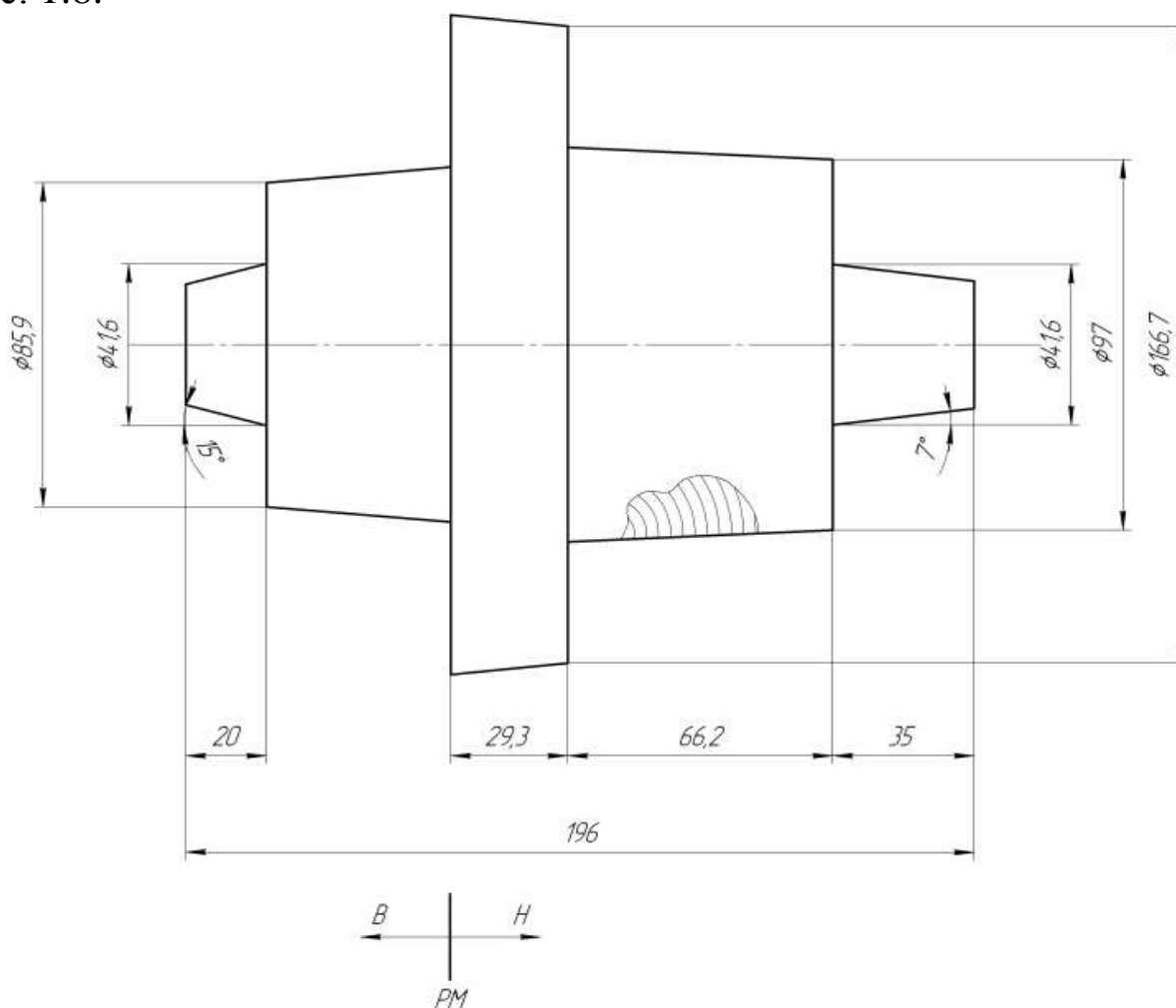


Рисунок 1.8 – Чертеж модели



Размеры детали, соответствующие им размеры отливки и модели, величины припусков на механическую обработку и припусков на усадку необходимо свести в таблицу.

Таблица 1.9 – Размеры детали, соответствующие им размеры отливки и модели, величины припусков на механическую обработку и припусков на усадку

Размер детали, мм	Припуск на мех. обработку, мм	Размер отливки, мм	Припуск на усадку, мм	Размер модели, мм
Ø50	4×2	Ø42	0,4	Ø41,6
Ø88	4×2	Ø96	1	Ø97
Ø85	-	Ø85	0,9	Ø85,9
Ø165	-	Ø165	1,7	Ø166,7
130	5,5+4,5	140	1,4	141,4
25	4	29	0,3	29,3
65	4,5-4	65,5	0,7	66,2

Порядок выполнения работы

1. Произвести расчет параметров литниковой системы для своего варианта согласно таблице 1.10.
2. По выданному преподавателем варианту задания (табл. 1.11) начертить эскиз детали, модели и эскиз литейной формы в сборе.
3. Ответить на контрольные вопросы.

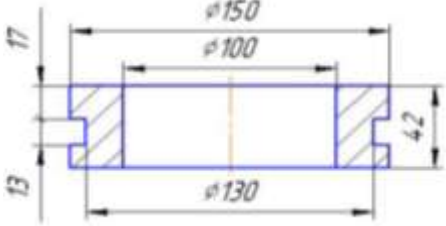
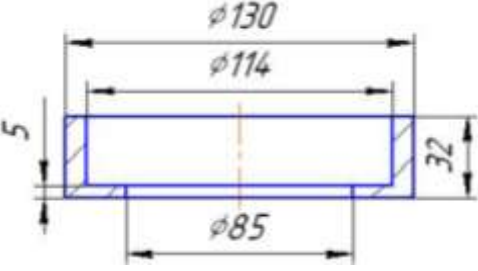
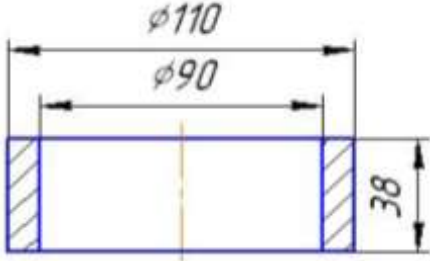
Таблица 1.10 – Исходные данные для расчета литниковой системы

$G_{отль}$ кг	v , %	Материал	S	δ , мм	μ	H , см	P , см	C , см	n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	70	Сталь	1,85	20	0,34	30	20	8,6	2
7,5	71	Чугун	1,9	21	0,38	35	22	9,0	3
9	72	Алюминий	1,95	22	0,42	40	24	9,4	4
10,5	73	Сталь	2,0	23	0,46	45	26	9,8	1
12	74	Чугун	1,95	24	0,50	50	28	10,2	2
13,5	75	Алюминий	1,9	25	0,46	55	30	10,6	3
15	76	Сталь	1,85	26	0,42	60	32	11	4
16,5	77	Чугун	1,8	27	0,38	65	34	11,4	1
18	78	Алюминий	1,85	28	0,34	70	36	11,8	2
19,5	79	Сталь	1,9	29	0,38	75	38	12,2	3

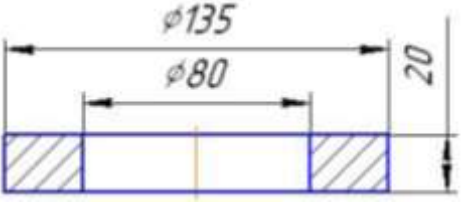
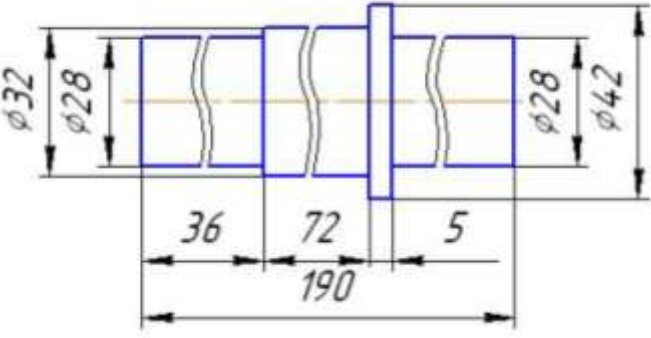
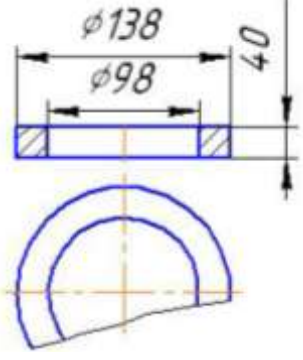
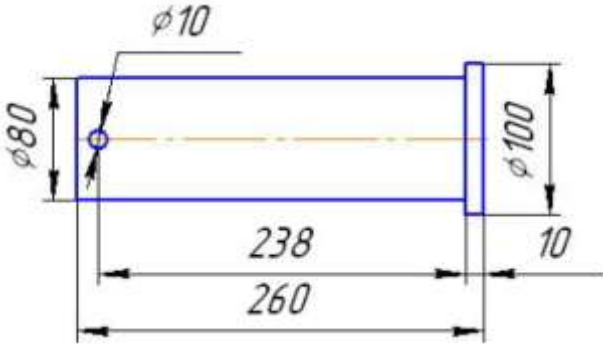


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	80	Чугун	1,95	30	0,42	70	40	12,6	4
22,5	79	Алюминий	2,0	32	0,46	65	38	13	1
24	78	Сталь	1,95	34	0,50	60	36	13,4	2
25,5	77	Чугун	1,9	36	0,46	55	40	13,8	3
27	76	Алюминий	1,85	38	0,42	50	42	14,2	4
28,5	75	Сталь	1,8	40	0,38	45	30	14,6	1
30	74	Чугун	1,85	41	0,42	40	24	15	2
31,5	73	Алюминий	1,9	42	0,46	82	40	18	3
33	72	Сталь	1,95	43	0,50	67	32	14	4
34,5	71	Чугун	2,0	44	0,46	74	28	16	1

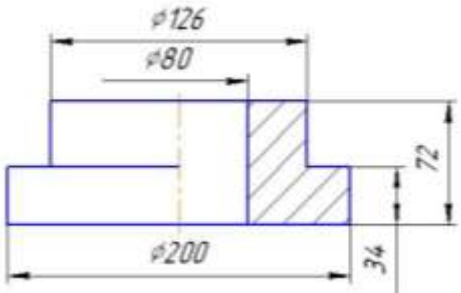
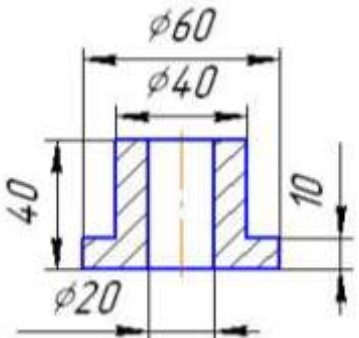
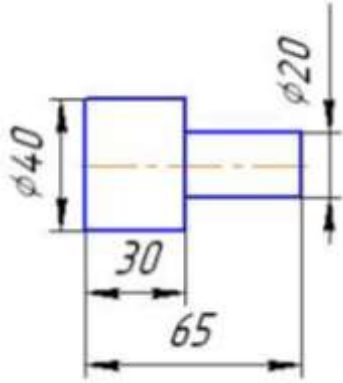
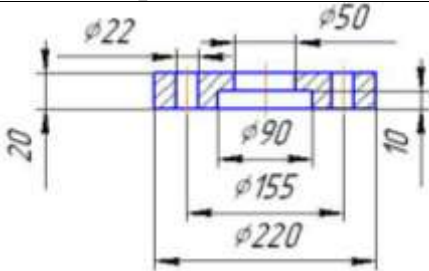
Таблица 1.11 – Варианты заданий

Номер варианта	Схема
1	2
Вариант 1	 <p>Втулка Материал – Сталь 45Л</p>
Вариант 2	 <p>Втулка Материал – Сталь 20</p>
Вариант 3	 <p>Втулка Материал – Сталь 20</p>

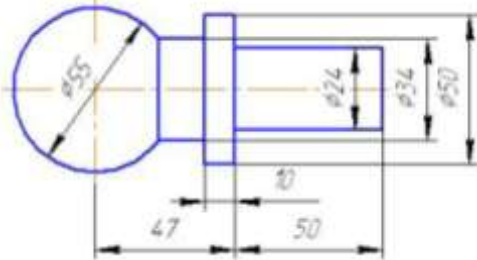
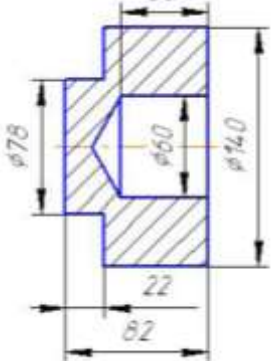
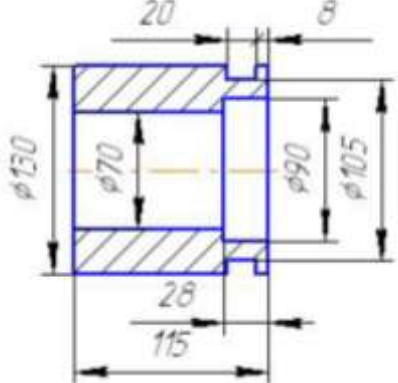
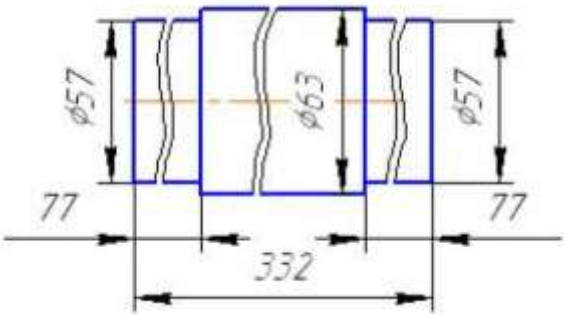


1	2
<p>Вариант 4</p>	 <p>Шайба Материал – Сталь 40Х</p>
<p>Вариант 5</p>	 <p>Валик Материал – Сталь 45</p>
<p>Вариант 6</p>	 <p>Шайба Материал – Сталь 45</p>
<p>Вариант 7</p>	 <p>Ось Материал – Сталь 45</p>

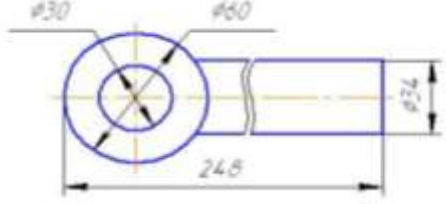

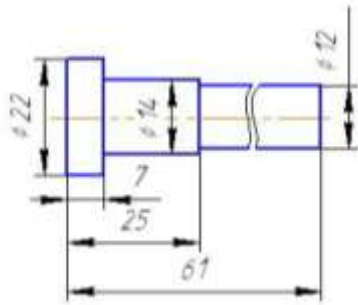
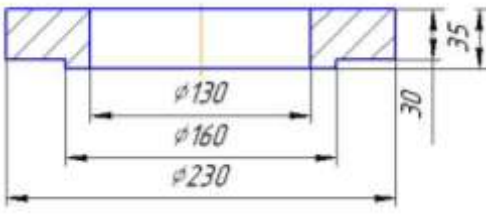
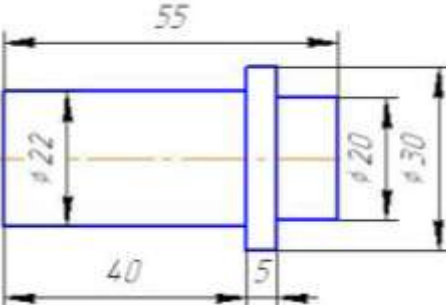


1	2
<p>Вариант 8</p>	 <p>Втулка Материал – Сталь 25</p>
<p>Вариант 9</p>	 <p>Матрица Материал – Сталь X12M</p>
<p>Вариант 10</p>	 <p>Толкатель Материал– Сталь 45</p>
<p>Вариант 11</p>	 <p>Крышка Материал – СЧ12</p>



1	2
<p>Вариант 12</p>	 <p>Шар цепной Материал – Сталь 40Х</p>
<p>Вариант 13</p>	 <p>Дно Материал – Сталь 20Х</p>
<p>Вариант 14</p>	 <p>Втулка Материал – Ст3</p>
<p>Вариант 15</p>	 <p>Балансир Материал – Сталь 40Х</p>



1	2
<p>Вариант 16</p>	 <p>Наконечник Материал – Сталь 20Х</p>
<p>Вариант 17</p>	 <p>Буфер Материал – Сталь 45</p>
<p>Вариант 18</p>	 <p>Пуансон Материал – У10А</p>
<p>Вариант 19</p>	 <p>Шайба Материал – АЛ2</p>
<p>Вариант 20</p>	 <p>Штуцер Материал – ЛМц 58-2</p>



Контрольные вопросы

1. Что такое ликвация?
2. Перечислите основные этапы литья в песчаные формы.
3. Из каких частей состоит литниковая система?
4. Что такое модель для отливки?
5. Преимущества и недостатки литья в песчаные формы.
6. Как классифицируются формовочные смеси?
7. Для чего нужен стержень?
8. Для чего нужны стержневые знаки?
9. Что такое припуск?
10. Что такое линейная и объемная усадки?



2. ЛИТЬЕ В КОКИЛЬ

Цель работы: ознакомиться с технологией литья в кокиль и произвести расчет технологических параметров.

Теоретические сведения

Кокильным литьем называют процесс получения отливок посредством свободной заливки расплавленного металла в многократно используемые металлические формы – кокили.

Формирование отливки происходит при интенсивном отводе теплоты от расплавленного металла, от затвердевающей и охлаждающейся отливки к массивному металлическому кокилю, что обеспечивает более высокие плотность металла и механические свойства, чем у отливок, полученных в песчаных формах.

Особенность литья в кокиль состоит в многократном использовании металлической формы (кокиля). Высокая прочность материала металлической формы позволяет более точно выполнять рабочие поверхности формы, что обеспечивает высокое качество литой поверхности. Благодаря высокой теплопроводности формы отливка быстро затвердевает.

К числу преимуществ литья в кокиль относится резкое (по сравнению с литьем в песчаные формы) сокращение механической обработки отливок, сокращение расхода формовочных материалов.

К недостаткам технологии относятся: высокая стоимость металлической формы, плохая заполняемость формы при получении тонкостенных отливок, опасность возникновения трещин на отливках.

Конструкция кокилей, как правило, определяется конструкцией отливки. Кокили могут быть неразъемными (вытряхными) и разъемными, состоящими из двух и более частей. Их изготавливают из чугуна, стали и алюминиевых сплавов с анодированной рабочей поверхностью механической обработкой поковок, отливок, литьем без механической обработки рабочих поверхностей и другими способами.

Внутренние полости и сложные наружные в отливках оформляются песчаными, оболочковыми или металлическими стержнями. Кокили с песчаными стержнями применяют преимущественно для получения чугунных и стальных отливок, с металлическими стержнями – для отливок цветных легких сплавов. Каналы литниковой системы выполняют непосредственно в кокилях или в песчаных стержнях. Питание массивных узлов отливки осуществляется через прибыли. Для удаления во время заливки воздуха и газов из полости кокиля



предусматривают выпоры, вентиляционные риски по плоскости разъема глубиной 0,2-0,5 мм или специальные отверстия с запрессованными многогранниками, называемыми вентами.

При изготовлении отливок на рабочую поверхность кокилей наносят огнеупорное теплоизоляционное покрытие (в виде красок и облицовок), которое уменьшает скорость затвердевания расплава, предотвращает приваривание отливок к форме, увеличивает срок службы кокилей вследствие уменьшения термического воздействия расплава на форму. В состав огнеупорного покрытия при изготовлении стальных и чугуновых отливок входят: пылевидный кварц, графит, огнеупорная глина, жидкое стекло.

Для разных сплавов состав теплоизоляционного покрытия различен.

Отливки изготавливают на ручных кокильных станках, автоматизированных однопозиционных машинах и карусельных установках, автоматизированных и механизированных линиях, роботизированных комплексах.

Классический кокиль состоит из двух полуформ (рис. 2.1), более сложные по конструкции могут включать в конструкцию дополнительные подвижные металлические вставки, поддон (основание) (рис. 2.2). Полуформы взаимно центрируются по направляющим штырям и втулкам. Формообразующая кокиля проектируется и изготавливается с учетом усадки заливаемого сплава, припусков на механическую обработку и толщину облицовочного огнеупорного покрытия (краски).

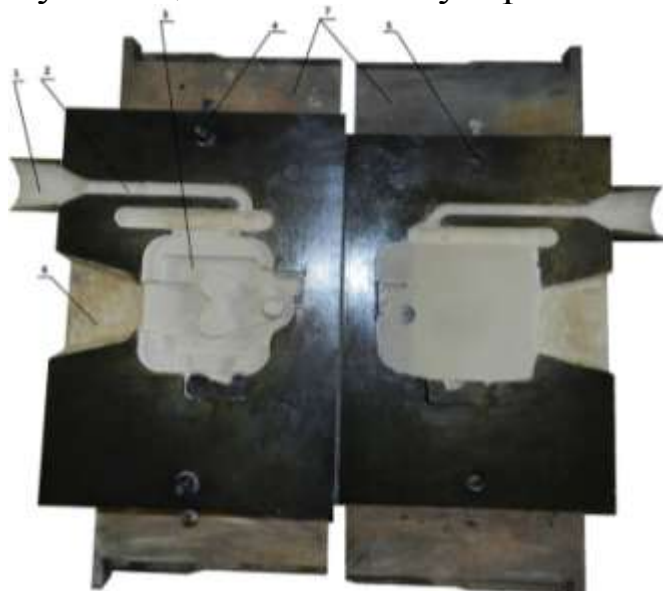


Рисунок 2.1 – Простая конструкция кокиля:

- 1 – заливочная чаша; 2 – литниковая система; 3 – формообразующая;
4, 5 – направляющие колонки и втулки; 6 – прибыль; 7 – правая
и левая полуформы



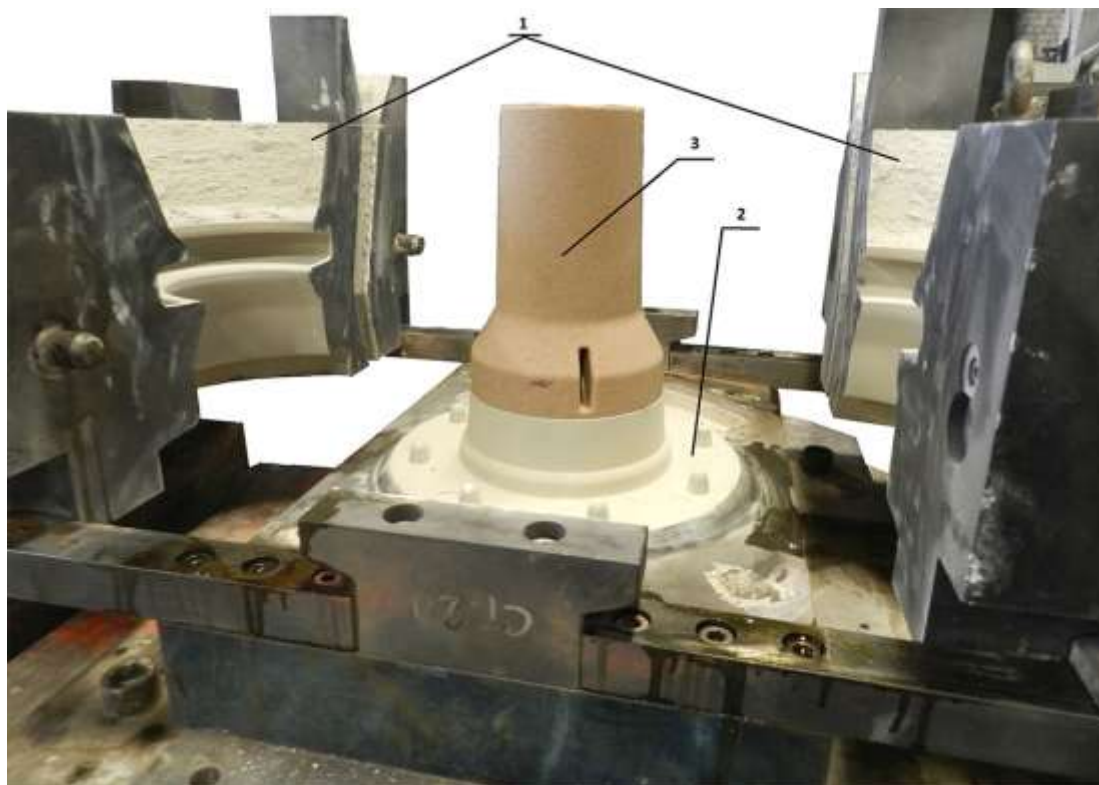


Рисунок 2.2 – Сложная конструкция кокиля:
1 – правая и левая полуформы; 2 – поддон (основание); 3 – песчаный стержень

Литье в кокиль нашли применение в производстве изготовления фасонных отливок из алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов, реже – при литье медных сплавов, чугуна и стали. Масса отливок изменяется от десятков грамм до сотен килограмм.

В таблицах 2.2 и 2.3 приведены рекомендуемые рабочие температуры кокилей и температуры заливки ряда алюминиевых и магниевых сплавов. Температура заливки оловянных бронз 1080-1200 °С.

Минимально допустимые толщины стенок отливок из разных сплавов приведены в таблице 2.4. С уменьшением толщины стенки отливки рабочая температура кокиля повышается.



Таблица 2.1 – Классификация кокилей

Классификационный признак		Тип кокиля	Изготовление отливки
Плоскость разъема	Горизонтальная	Вытряхной (неразъемный)	Массивные, простой конфигурации. Сложные, требующие нескольких плоскостей разъема и изготавливаемые в песчаных стержнях
		С одним горизонтальным разъемом	Небольшой высоты
		С несколькими горизонтальными разъемами	Сложной конфигурации, с выступами на внешней поверхности при значительной высоте
		С криволинейным разъемом	Сложной конфигурации
		С «книжным» разъемом	Имеющие форму тел вращения
	Вертикальная	С вертикальными разъемами	Сложной конфигурации, требующие применения нескольких отъемных частей
		С вертикальными и горизонтальными разъемами	Сложной конфигурации
Состояние рабочей поверхности	Без покрытий	Простые, массивные при мелкосерийном производстве	
	С тонкослойным, периодически наносимым покрытием	Основной номенклатуры	
	С постоянным теплозащитным покрытием	Из сплавов с высокой температурой плавления	
	С разовым облицовочным покрытием	Из сплавов, склонных к большой усадке и трещинообразованию при массовом производстве	
Применяемые стержни	С металлическими стержнями	Простой конфигурации с внутренними полостями	
	С песчаными стержнями	Тонкостенные с внутренними полостями, сложной конфигурации	



Таблица 2.2 – Температура заливки кокилей

Сплавы	Толщина стенки отливки, мм	Температура кокиля, °С	
		начальная	конечная
Алюминиевые	До 6	150-250	300-470
	Свыше 6	120-250	200-350
Магниевые	До 6	200-250	350-450
	Свыше 6	200-250	250-300
Медные латуни бронзы	Любая	До 100	150-250 50-150

Таблица 2.3 – Температура заливки алюминиевых и магниевых сплавов

Сплав	Температура заливки, °С	Сплав	Температура заливки, °С
АК12(АЛ2)	720-800	МЛ3	700-800
АК9 (АЛ4)	700-820	МЛ4	780-800
АК5М(АЛ5)	720-780	МЛ5	710-800
АК7(АЛ9)	700-800	МЛ6	700-800
АК7Ц9(АЛ11)	700-750	МЛ8	720-780
АМг5К(АЛ13)	700-750	МЛ9	710-800
АМ5(АЛ19)	700-750	МЛ10	710-800

Таблица 2.4 – Минимально допустимые толщины стенок отливок из разных сплавов

Материал отливки	Параметр стенки отливки	
	Площадь поверхности, см ²	Минимальная толщина, мм
Алюминиевые сплавы	100-250	2,2-4,0
	250-900	2,5-4,5
	Свыше 900	3,5-5,5
Магниевые сплавы	До 30	3
Бронзы и латуни	До 30	4-6

Рассмотрим алгоритм расчета технологических параметров литья из цветных сплавов

Толщины стенок кокиля δ_k в зависимости от толщины стенки отливки δ_0 выбирают по графикам. Толщину стенок малотеплонагруженных кокилей определяют по графической зависимости (рис. 2.3, а).



Для кокилей из стали и высокопрочного чугуна толщину стенки кокиля принимают ближе к нижней границе заштрихованной области, для кокилей из серого чугуна – ближе к верхней границе.

Для высокотеплонагруженных кокилей при определении их стенки используют графическую зависимость (рис. 2.3, б).

Минимальную допустимую линейную скорость V_{\min} подъема металла определяют по формуле, мм/с

$$V_{\min} = \left(\frac{h_0}{1,28\delta_0 + 5,9} \right)^{1,25}, \quad (2.1)$$

где h_0 – высота отливки, мм; δ_0 – толщина стенки отливки, мм.

По значениям V_{\min} определяется минимально допустимое время заливки τ_3 кокиля металлом, с

$$\tau_3 = \frac{h_0}{V_{\min}}. \quad (2.2)$$

Тогда объемная скорость заливки, см³/с

$$Q = \frac{m_0}{\rho\tau_3}, \quad (2.3)$$

где ρ – плотность жидкого металла, г/см³;

m_0 – масса отливки с прибылями, г.

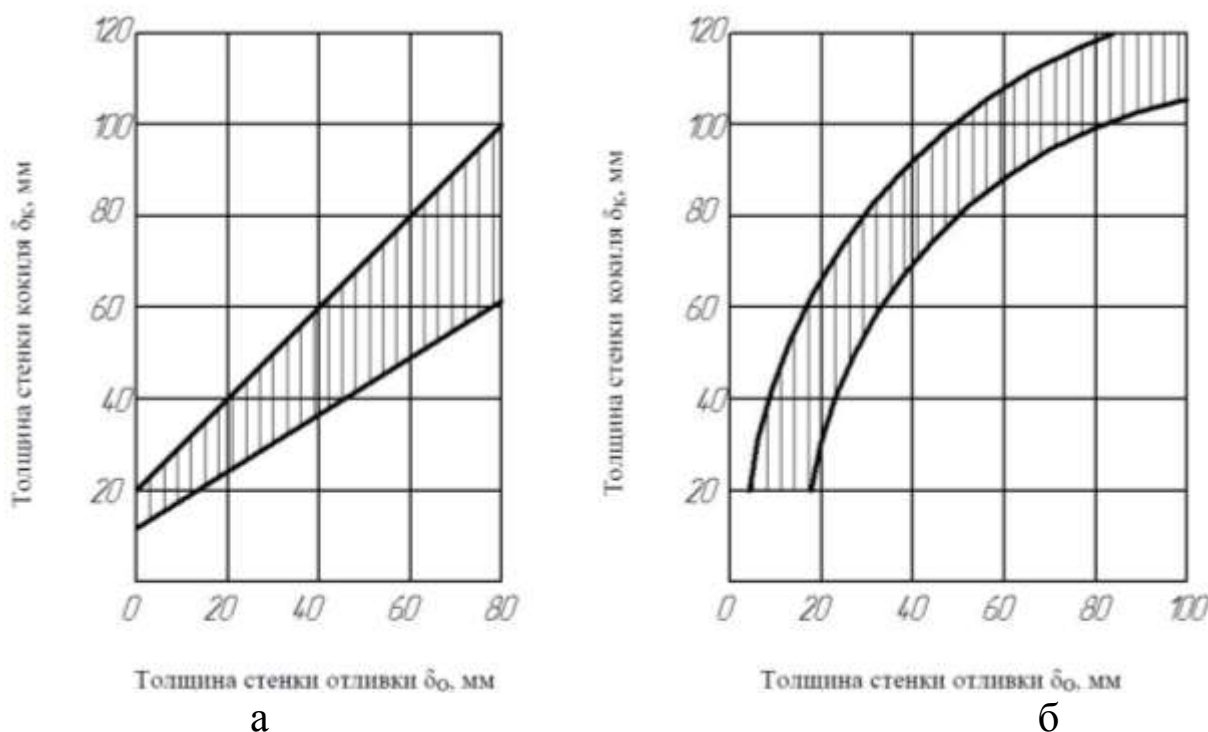


Рисунок 2.3 – Диаграммы для выбора толщины стенки кокиля:

- а – для малотеплонагруженных кокилей;
- б – для высокотеплонагруженных кокилей



Площадь сечения стояка определяют по формулам, см²:

для алюминиевых сплавов

$$F_c = \frac{m_0}{\mu \tau_3 0,1 \sqrt{H_p}}; \quad (2.4)$$

для магниевых сплавов

$$F_c = \frac{m_0}{\mu \tau_3 0,07 \sqrt{H_p}}, \quad (2.5)$$

где m_0 – масса отливок с прибылями, кг;

μ – коэффициент расхода, равный 0,65-0,75 для алюминиевых сплавов и 0,7-0,8 – для магниевых;

H_p – расчетный гидравлический напор расплава, см.

Напор H_p находят по формуле

$$H_p = H_{CT} - \frac{h^2}{2h_0}, \quad (2.6)$$

где H_{CT} – высота стояка от уровня металла в чаше или в воронке стояка до питателя, см;

h – высота части отливки от питателя до ее самой высокой точки, см;

h_0 – общая высота отливки, см.

При заливке сверху, когда $h=0$, то $H_p=H_{CT}$; при сифонной заливке (снизу), когда $h = h_0$, $H_p = H_{CT} - h_0/2$; при подводе металла по разьему формы, когда $h = 0,5h_0$, $H_p = H_{CT} - h_0/8$.

При литье в кокиль алюминиевых и магниевых сплавов применяют расширяющиеся литниковые системы, в которых узким сечением является стояк. Соотношение площадей поперечного сечения элементов литниковой системы (стояка – F_{CT} , коллектора (литникового хода, шлакоуловителя) – F_k , питателя – F_{II}) для алюминиевых и магниевых отливок приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Соотношение площадей поперечного сечения F_{CT} , F_k , F_{II} .

Масса отливок, кг		$F_{CT} : F_k : F_{II}$
алюминиевых	магниевых	
До 5	До 3,5	1:2:2, 1:2:3
5-10	3,5-7	1:2:2, 1:2:3, 1:2:4, 1:3:3
10-20	7-14	1:2:3, 1:2:4, 1:3:3, 1:3:4
20-40	14-28	1:2:4, 1:3:3, 1:3:4, 1:4:4
40-70	28-50	1:2:4, 1:3:4, 1:4:4, 1:4:5
70-150	50-100	1:3:4, 1:3:5, 1:4:4, 1:4:5
Свыше 150	Свыше 100	1:4:4, 1:4:5, 1:4:6



Выбрав по данным таблицы 2.5 соотношения, можно определить площади их сечений.

Предельную толщину питателя $h_{\text{п}}$ находят по формуле

$$h_{\text{п}} \leq \frac{q^2}{F_{\text{к}}^2}, \quad (2.7)$$

где q – ускорение свободного падения.

Толщину коллектора определяют из соотношения, см

$$h_{\text{к}} = 3,25h_{\text{п}}. \quad (2.8)$$

Такое соотношение $h_{\text{к}}$ и $h_{\text{п}}$ обеспечивает эффективное шлакозадержание в коллекторе.

Следует отметить, что расчет элементов литниково-питающей системы при литье медных сплавов производится по методике, принятой для чугунного литья.

Приблизительно время затвердевания стенки отливки определяют по формуле, с

$$\tau = \frac{R_0^2}{K^2} \quad (2.9)$$

где R_0 – приведенная толщина стенки отливки, мм;

K – коэффициент затвердевания сплава, мм/с^{1/2}.

При литье в чугунные и стальные кокили для алюминиевых сплавов $K=1,2-1,32$; для магниевых – $K=1,5-1,62$; для цинковых – $K=1,07-1,13$ и для титановых – $K=1,2$ мм/с^{1/2}.

Приведенную толщину стенки отливки находят по выражению, мм

$$R_0 = \frac{\delta_0 b}{2(\delta_0 + b)}, \quad (2.10)$$

где δ_0 – средняя толщина стенки отливки в выбранном сечении, мм;

b – длина стенки отливки в форме в выбранном сечении, мм.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать минимально допустимую скорость подъема металла в форме V_{min} , время заливки формы металлом τ_3 , площадь сечения стояка $F_{\text{с}}$, коллектора (шлаковика) $F_{\text{к}}$, питателя $F_{\text{п}}$, толщину питателя $h_{\text{п}}$ и толщину коллектора $h_{\text{к}}$. Найти усредненную толщину стенки кокиля. Указать рабочую температуру кокиля $T_{\text{к}}$ и температуру заливки сплава T_3 . Определить время затвердевания отливки τ (номер варианта выдает преподаватель, исходные данные в таблице 2.6).

2. Ответить на контрольные вопросы.



Пример выполнения задания

По формуле (2.1) находим минимально допустимую линейную скорость подъема металла в форме

$$V_{\min} = \left(\frac{300}{1,28 \cdot 11 + 5,9} \right)^{1,25} = 29,6 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 2,96 \text{ см/с.}$$

Время заливки формы определяем по формуле (2.2)

$$\tau_3 = \frac{300}{29,6} = 10,1 \text{ с.}$$

Объемная скорость заливки по выражению (2.3)

$$Q = \frac{12,3}{2,35 \cdot 10^3 \cdot 10,1} = 5,2 \cdot \frac{10^{-4} \text{ м}^3}{\text{с}} = 520 \text{ см}^3/\text{с.}$$

Площадь указанного сечения (сечение стояка) рассчитываем по формуле (2.4)

$$F_{\text{ст}} = \frac{12,3}{0,7 \cdot 10,1 \cdot 0,1 \sqrt{H_p}} = \frac{17,4}{\sqrt{H_p}} \text{ см}^2.$$

По выражению (2.6) $H_p = H_{\text{ст}} - \frac{h_0}{8} = \frac{30}{8} = 16,25 \text{ см.}$

Отсюда $F_{\text{ст}} = \frac{17,4}{\sqrt{H_p}} = 4,32 \text{ см}^2.$

Диаметр стояка $D_c = \sqrt{\frac{4F_{\text{ст}}}{\pi}} = 2,35 \text{ см.}$

Из таблицы 2.5 находим F_k и F_{Π} по соотношению 1:3:3. Следовательно, $F_k = F_{\Pi}$, тогда $F_{\Pi} = 3F_{\text{ст}} = 12,96 \text{ см}^2.$

По формуле (2.7) рассчитаем предельно допустимую толщину питателя

$$h_{\Pi} \leq \frac{520^2}{12,96^2 \cdot 981} = 1,6 \text{ см.}$$

Принимаем толщину питателя $h_{\Pi} = 1,0 \text{ см}$, соизмеримую с толщиной стенки. По формуле (2.8) устанавливаем толщину коллектора

$$h_k = 3,25h_{\Pi} = 3,25 \cdot 1,0 = 3,25 \text{ см.}$$

По рисунку 2.3 определяем толщину стенки малотеплонагруженного кокиля из серого чугуна. Принимаем толщину стенки кокиля $\delta_k = 25 \text{ мм.}$

По таблицам 2.2 и 2.3 находим рабочую температуру кокиля, равную $T_k = 250^\circ\text{C}$, и температуру заливки сплава $T_3 = 750^\circ\text{C}$.

По формуле (2.10) найдем приведенную толщину отливки

$$R_o = \frac{\delta_0 b}{2(\delta_0 + b)} = \frac{11 \cdot 250}{2(11 + 250)} = 5,27 \text{ мм.}$$

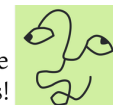
По формуле (2.9) рассчитаем время затвердевания стенки отливки

$$\tau = \frac{R_o^2}{K^2} = \frac{5,27^2}{1,25^2} = 17,8 \text{ с.}$$



Таблица 2.6 – Исходные данные

Номер вар.	Вид сплава	Масса отливки с прибылями m_0 , кг	Средняя толщина стенки отливки δ_0 , мм	Длина стенки отливки b , мм	Общая высота отливки h_0 , мм	Высота отливки от уровня питателя h , мм	Высота стояка $H_{ст}$, мм	Вид подвода питателя	Вид кокиля: (+) теплонагруженный (-) малотеплонагруженный
1	AK9 (АЛ4)	11,7	9,3	208	260	250	300	Снизу	-
2	AK5M(АЛ5)	7,3	8,1	178	200	185	250	Снизу	-
3	AK7(АЛ9)	15,4	14,0	221	280	266	320	Снизу	+
4	AK7Ц9(АЛ11)	10,5	6,2	205	240	90	150	По разьему	-
5	AMr5K(АЛ13)	8,6	8,7	156	170	70	120	По разьему	+
6	AM5(АЛ19)	3,7	7,3	270	350	350	390	Снизу	-
7	AK9 (АЛ4)	16,0	9,7	342	440	420	460	Снизу	+
8	AK5M(АЛ5)	4,9	4,5	148	165	75	110	По разьему	-
9	AK7(АЛ9)	35,6	19,6	436	520	500	560	Снизу	+
10	AK7Ц9(АЛ11)	9,8	5,9	205	320	170	200	По разьему	-
11	МЛ3	15,5	10,5	276	330	325	375	Снизу	+
12	МЛ4	3,8	5,2	123	150	80	135	По разьему	-
13	МЛ5	11,2	8,8	372	410	390	460	Снизу	-
14	МЛ6	9,5	7,5	198	290	290	340	Снизу	-
15	МЛ8	18,2	12,7	406	445	270	320	По разьему	+
16	МЛ9	5,1	5,5	210	265	260	300	Снизу	-
17	МЛ10	6,4	4,9	173	190	185	235	Снизу	-
18	МЛ4	3,9	3,8	152	160	90	130	По разьему	-
19	МЛ5	2,8	3,3	109	125	75	125	По разьему	-
20	МЛ6	14,3	9,6	305	340	310	385	Снизу	+



Контрольные вопросы

1. Что такое кокиль?
2. Как классифицируется кокиль?
3. Преимущества и недостатки литья в кокиль.
4. Какие бывают конструкции кокилей?
5. Где применяют кокили с песчаными стержнями?
6. Для чего нужны выпоры, вентиляционные риски?
7. Для чего наносят огнеупорное теплоизоляционное покрытие?
8. Что входит в состав огнеупорного покрытия?
9. Где применяется литье в кокиль?
10. Как изменяется рабочая температура кокиля с изменением толщины стенки?



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебный материал методических указаний изложен с учетом современного состояния техники и технологии литейного производства, описаны два технологических процесса получения отливок.

Предназначены как для самостоятельной работы студента, так и для работы в аудитории.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ильященко, Д. П. Лабораторный практикум по дисциплине «Технология конструкционных материалов» : учебное пособие / Д. П. Ильященко ; Юргинский технологический институт. – 2-е изд. – Томск, 2016. – 170 с.
2. Скобелев, С. Б. Технологическое проектирование отливки : методические указания / С. Б. Скобелев. – Омск, 2017. – 52 с.
3. Кечин, В. А. Методические указания к лабораторным и практическим работам по дисциплине «Производство отливок из сплавов цветных металлов» / В. А. Кечин. – Владимир, 2007. – 76 с.



ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

*Методические указания к выполнению
лабораторно-практических работ*

Пиляева Ольга Владимировна

Электронное издание

Редактор Т.М. Мاستрич

Подписано в свет 11.03.2020. Регистрационный номер 378
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru

