

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»**
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

Выполнение курсовой работы

Методические указания для студентов всех форм обучения
по направлению подготовки
15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Составитель
И. Д. Соколова

Санкт-Петербург
2025

Утверждено
на заседании кафедры МиТМ
21.11.2025 г., протокол № 3

Рецензент А. А. Таразанов

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Технология конструкционных материалов» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование.

Методические указания содержат краткие сведения о сущности литья в песчано-глинистые формы, основных этапах разработки технологического процесса изготовления отливки. Приведены необходимые расчеты для проектирования чертежей модельно-литейных указаний, отливки, стержня, литейной формы в сборе. В приложениях дана информация по оформлению титульного листа и других необходимых разделов расчетно-пояснительной записки.

Методические указания способствуют формированию практических навыков по разработке технологического процесса изготовления отливки и составлению технологической документации.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения.

Утверждены Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве методических указаний.

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016,
по паролю. — Загл. с экрана.
Дата подписания к использованию 11.12.2025 г. Рег. № 5206/25

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб, ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
2. СОДЕРЖАНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	6
2.1. Содержание типовой документации.....	6
2.2. Исходные данные для выполнения курсовой работы.....	7
3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА	10
3.1. Формовочные и стержневые смеси	11
3.2. Литниковые системы	13
3.3. Изготовление литейной формы.....	15
4. АНАЛИЗ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ.....	17
5. ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ ОТЛИВКИ	22
6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОТЛИВКИ	23
6.1. Определение припусков на механическую обработку.....	23
6.2. Определение формовочных уклонов	26
6.3. Стержни и их знаки	28
7. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ	34
8. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА СТЕРЖНЯ	35
9. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ	37
10. РАСЧЕТ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ.....	38
11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ	41
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	44
ПРИЛОЖЕНИЯ	46
Приложение 1	46
Приложение 2	47
Приложение 3	48
Приложение 4	49
Приложение 5	50
Приложение 6	51

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по дисциплине «Технология конструкционных материалов» выполняется в ходе учебного процесса на этапе изучения дисциплины. «Технология конструкционных материалов» является одной из профилирующих дисциплин в учебном плане подготовки инженера-механика. Дисциплина входит в состав машиностроительных дисциплин, формирующих знания, необходимые студентам на последующих стадиях обучения.

Детали машин и приборов по форме и назначению весьма разнообразны, и для их изготовления необходимы материалы с самыми различными свойствами. Свойства конструкционных материалов во многом определяют технологию изготовления изделий из них. Знание методов и технологий получения заготовок деталей машин, физических основ процессов, их технико-экономических характеристик, областей применения, а также технологических и технико-экономических характеристик типового оборудования, инструмента и приспособлений обеспечивает высокое качество продукции, экономию материалов и высокую производительность труда.

Основные способы изготовления изделий из металлов: литейное производство, обработка давлением в горячем и холодном состоянии, обработка резанием, сварка и резка.

Из всех способов обработки наиболее экономичным является литье, с помощью которого можно получить отливки разнообразных форм и размеров. В машиностроении около 50 % веса всех выпускаемых машин составляют литые детали.

Работа над разделами расчетно-пояснительной записки систематизирует, углубляет и закрепляет знания, полученные студентом во время теоретических и практических занятий. Разработка курсовой работы должна научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, сочетать умения и навыки, полученные на практических занятиях, с теоретическими знаниями, а также подготовить студента к дипломному проектированию.

Настоящие методические указания имеют цель дополнить теоретический курс практическими его приложениями и привить навыки самостоятельной работы при решении профессиональных задач.

В пособии приведены цели и задачи курсового проектирования, освещены тематика, состав и объем курсовой работы, описана структура и содержание разделов пояснительной записки, а также на основе действующих стандартов даны общие правила оформления курсовых работ.

Предназначены для студентов всех форм обучения по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа выполняется по теме «Разработка технологического процесса изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме».

Литейное производство – отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки или детали. При охлаждении залитый металл затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит. Конечную продукцию литейного производства (заготовку или деталь) называют отливкой.

Для изготовления отливок применяют литье в песчано-глинистые формы и специальные способы (литье по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, в кокиль, под давлением, центробежное литье и др.).

Литье в разовые песчано-глинистые формы является весьма технологичным и универсальным процессом изготовления отливок. Этот метод литья применяется в единичном, серийном и массовом производстве для изготовления отливок из различных сплавов (чугуна, стали, алюминия и др.). Он позволяет получать изделия сложной конфигурации массой от нескольких граммов до десятков тонн:

- блоки двигателей;
- головки цилиндров;
- поршни и поршневые кольца;
- коленчатые валы;
- корпуса и крышки редукторов;
- зубчатые колеса;
- станины станков и прокатных станов;
- турбинные лопатки и другие детали, которые затруднительно или невозможно получить другими методами обработки металлов (в частности, давлением и резанием).

Цель курсовой работы – формирование навыков по чертежу готовой детали разрабатывать чертеж отливки, модели, стержневого ящика и формы в сборе.

Задачи курсовой работы:

- изучить теоретические сведения по разработке технологического процесса изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме;
- для заданного чертежа детали:
- выбрать плоскость разъема модели и формы с указанием положения отливки в форме – В (верх) и Н (низ);
 - выполнить эскиз отливки с обозначением размеров припусков, уклонов, усадки металла и стержней;
 - выполнить эскиз модели с указанием габаритных размеров;
 - начертить эскиз стержневого ящика без указания размеров;
 - привести эскиз собранной литейной формы в разрезе с указанием ее

- элементов;
- дать краткое описание последовательных операций по изготовлению литейной формы и отливки.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Курсовая работа должна состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка курсовой работы состоит из следующих разделов:

- титульный лист (Приложение 1);
- задание на курсовую работу (Приложение 2);
- содержание (Приложение 3);
- введение;
- проектные расчеты;
- заключение;
- список использованной литературы (Приложение 4);
- графический материал (чертежи) (в приложении).

Расчетно-пояснительная записка выполняется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210 x 297 мм). Графический материал должен быть представлен на листах формата А3 (297 x 420 мм) или А4.

Текст печатается нормальным шрифтом черного цвета. Размер шрифта – 14 (Times New Roman). Межстрочный интервал – 1,5.

Предусматриваются следующие размеры полей:

- левое – 30 мм;
- правое – 10 мм;
- верхнее – 20 мм;
- нижнее – 20 мм.

Рекомендуется производить выравнивание текста по ширине.

Абзацы в тексте начинаются отступом от левого поля. Отступ равен 1,25 см.

Объем курсового проекта:

- расчетно-пояснительная записка, включая приложения – 10–20 страниц формата А4;
- графический материал – 4–5 листов формата А4 (А3).

2.1. Содержание типовой документации

Титульный лист оформляется согласно образцу.

Задание разрабатывается и оформляется руководителем курсовой работы, подписывается руководителем и исполнителем – студентом. Оно содержит все характеристики, необходимые для разработки технологического процесса изготовления отливки.

Содержание охватывает все разделы с указанием страниц.

Введение – вступительная часть к разработке курсовой работы – должно быть логически связано с основной частью. Во введении отражаются основные требования научно-технического прогресса к объекту проектирования, состояние и перспективы развития литейного производства. В содержании введения должны быть обязательно представлены цель и задачи курсовой работы, обоснована актуальность выбранной темы.

2.2. Исходные данные для выполнения курсовой работы

Исходными данными для составления технического задания на разработку технологии изготовления отливки является чертеж детали (рис. 1), который выполняется с простановкой всех необходимых размеров, знаков механической обработки, марки сплава, массы отливки. Особые требования к размерам и заготовке для данной детали оговариваются в технических требованиях на чертеже детали. Требования к размерам и качеству поверхности будут учтены при механической обработке. Требования к заготовке будут учтены при разработке литейной технологии.

Все размеры на чертеже детали являются номинальными размерами. Проставленные рядом с номинальными размерами предельные отклонения (верхние, нижние или симметричные) позволяют определить два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали.

Предельные размеры – алгебраическая сумма номинального размера и предельных отклонений. Допуском размера (T) называется разность между предельными размерами. TD – допуск отверстия, T_d – допуск вала. Допуск характеризует точность размера, нормируется номером качества.

На рисунке 1 размер $\varnothing 20^{+0,13}$ означает: номинальный размер отверстия $\varnothing 20$ (мм), верхнее предельное отклонение: $+0,13$ (мм), нижнее предельное отклонение равно нулю (на чертеже не указывают).

Предельные размеры отверстия:

наибольший предельный размер – $D_{max} = 20 + 0,13 = 20,13$ (мм);

наименьший предельный размер – $D_{min} = 20 + 0 = 20$ (мм);

допуск размера: $T(D) = D_{max} - D_{min} = 20,13 - 20 = 0,13$ (мм).

Это означает, что после механической обработки годными будут детали, в которых размеры отверстия будут находиться в пределах от 20,13 до 20 (мм) или будут равны этим предельным значениям.

Пример: $\varnothing 100 \pm 0,15$ означает: номинальный размер вала $\varnothing 100$ (мм), верхнее предельное отклонение: $+0,15$ (мм), нижнее предельное отклонение: $-0,15$ (мм).

Предельные размеры вала:

наибольший предельный размер – $d_{max} = 100 + 0,15 = 100,15$ (мм);

наименьший предельный размер – $d_{min} = 100 + (-0,15) = 99,85$ (мм);

допуск размера: $T(d) = d_{max} - d_{min} = 100,15 - 99,85 = 0,30$ (мм).

Это означает, что после механической обработки годными будут детали, в которых размеры вала будут находиться в пределах от 100,15 до 99,85 (мм) или будут равны этим предельным значениям.

Предельные отклонения, не указанные после номинальных размеров на чертеже детали, оговариваются общей записью в технических требованиях чертежа в соответствии с ГОСТом 25670-83. Неуказанные предельные отклонения допускаются для размеров сравнительно низкой точности (в предложенном варианте 14 квалитет).

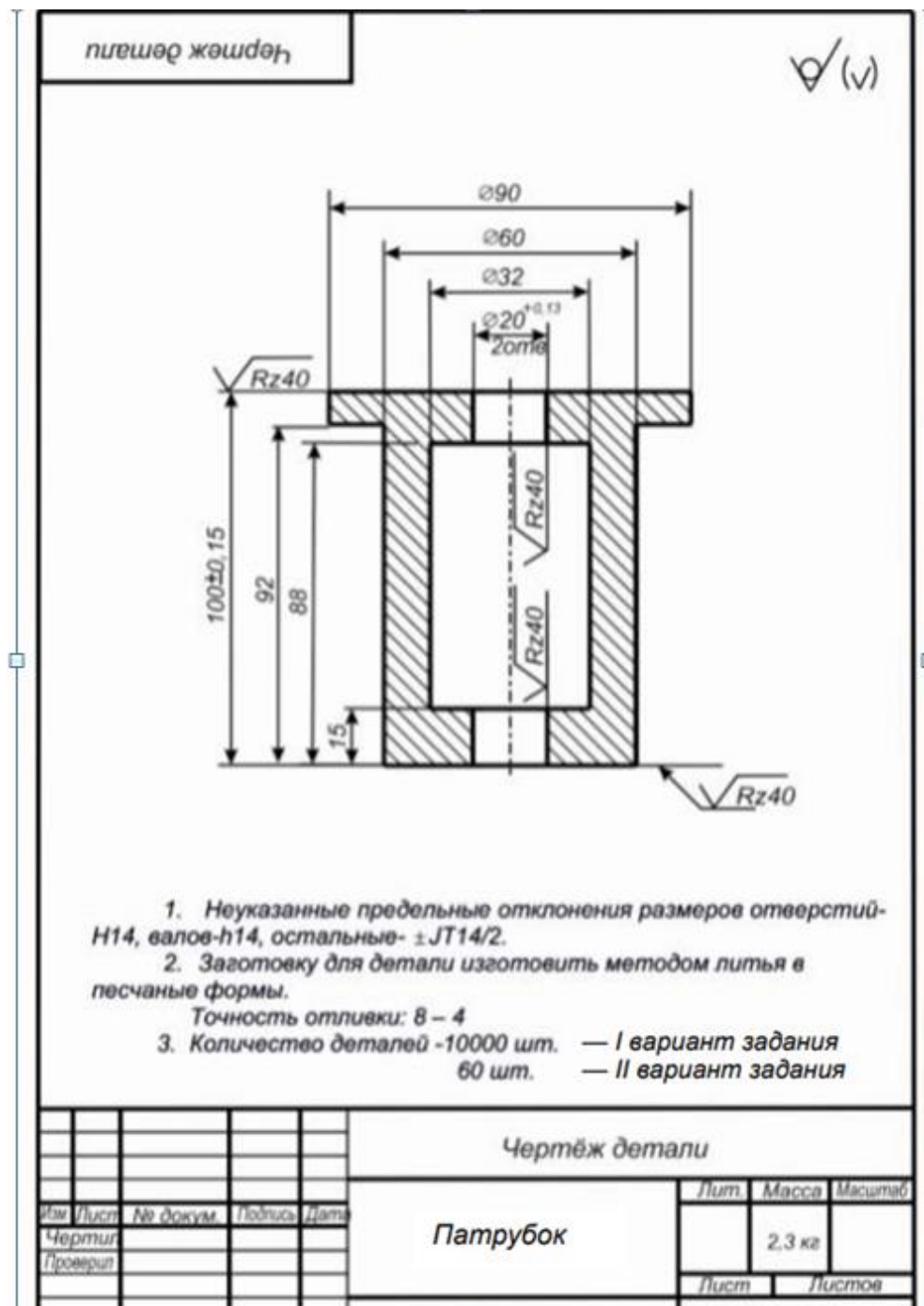


Рисунок 1 – Чертеж детали

Одной из характеристик качества поверхности является шероховатость поверхности – совокупность неровностей, образующих рельеф реальной поверхности (рис. 2).

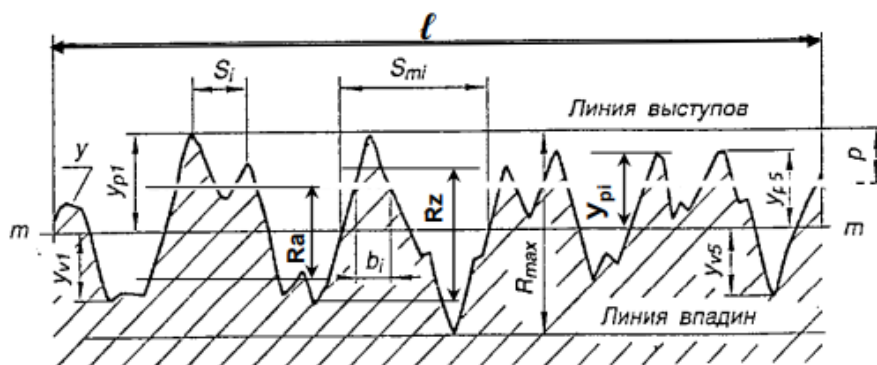


Рисунок 2 – Шероховатость поверхности. Условное расположение высотных параметров R_a , R_z , R_{max}

Для оценки степени шероховатости используют параметры шероховатости. Все параметры шероховатости рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной – l .

Наиболее часто встречаются высотные параметры с символами:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля (среднее арифметическое абсолютных значений всех выступов (y_{pi}) и всех впадин (y_{vi}) в пределах базовой длины);

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам (среднее арифметическое абсолютных значений высот пяти наибольших выступов (y_{p1-5}) и глубин пяти наибольших впадин (y_{v1-5}) в пределах базовой длины).

Обозначение шероховатости включает знак шероховатости и символ с числовым значением, указанным в микрометрах (для высотных параметров). Знак, применяемый при обозначении шероховатости на чертеже (рис. 1):

$\sqrt{R_a 2,5}$ – среднее арифметическое отклонение профиля после механической обработки не должно превышать 2,5 микрометра.

Обозначение $\sqrt{R_z 40}$ указывает, что высота неровностей профиля по десяти точкам после механической обработки не должна превышать 40 микрометров.

Обозначение шероховатости в правом верхнем углу чертежа указывает, что поверхности, не имеющие обозначения шероховатости, не подвергаются механической обработке.

3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сущность литейного производства заключается в получении отливок – литых металлических изделий путем заливки расплавленного металла в специальную литейную форму, в которой он, остывая, затвердевает и сохраняет ее очертания.

Для изготовления литейной формы применяют большое число различных приспособлений, которые называют литейной оснасткой. В ее состав входят модели, стержневые ящики, опоки, подмодельные плиты и др.

Модели – приспособления, при помощи которых в формовочной смеси получают отпечатки полости, соответствующие наружной конфигурации отливки. Отверстия и полости внутри отливки, а также иные сложные контуры образуют при помощи стержней, устанавливаемых в формы при их сборке.

Размеры модели делают больше, чем соответствующие размеры отливки, на величину линейной усадки сплава. Если отливки подвергаются механической обработке, то в соответствующих размерах модели учитывают размер припусков – слоя металла, удаляемого при механической обработке. Он зависит от размеров отливки и вида сплава. Припуск на верхние поверхности отливки должен быть больше, чем на нижние и боковые поверхности, так как наверху скапливаются шлаки, частички формовочной смеси и газовые включения.

Отверстия небольших размеров, полученные литьем, трудно очистить от спекшейся внутри стержневой смеси, которая отрицательно влияет на стойкость режущего инструмента при последующей механической обработке. Поэтому мелкие отверстия в отливке (диаметром менее 20 мм), небольшие выемки и пазы при литье можно не предусматривать, на чертеже они обозначаются штриховкой и при изготовлении модели не учитываются.

Поверхности модели, расположенные параллельно направлению движения при извлечении ее из формы, выполняют с формовочными уклонами (для облегчения удаления модели из формы). Величина уклонов зависит от высоты отливки до линии разъема. Без выполнения уклонов при извлечении модели может быть разрушение формы и осыпание формовочной смеси.

Для получения в форме отпечатков знаковых частей стержней, которыми стержень крепится в форме, модель имеет знаки – выступающие части. Сопряжения стенок в отливках должны быть плавными, без острых углов. Скругление внутренних углов называется галтелью, наружных – закруглением.

Модели делают из древесины, металлических сплавов и пластмасс. Деревянные модели изготавливают из плотной хорошо просушенной древесины (сосна, ясень, бук и др.). Для предотвращения коробления модель делают не из целого куска древесины, а склеивают из отдельных брусочков так, чтобы направление волокон было различным. Преимущество деревянных моделей – дешевизна, простота изготовления, небольшая масса; основной недостаток – недолговечность.

Для предотвращения деформирования модели во влажных формовочных смесях и для лучшей вытяжки из формы деревянные модели окрашивают модельным лаком:

- для чугунных отливок принят красный цвет,
- для стальных – синий,
- для цветных – желтый.

Металлические модели имеют большую долговечность, высокую точность и чистую рабочую поверхность. Такие модели чаще всего делают из алюминиевых сплавов, которые имеют малую плотность, не окисляются, хорошо обрабатываются резанием.

Модели из пластмасс устойчивы к действию влаги, не подвергаются короблению, имеют небольшую массу. Перспективным является применение моделей из вспененного полистирола, газифицирующегося при заливке металла, и их не надо вынимать из формы перед заливкой.

Стержневые ящики служат для изготовления стержней и должны обеспечивать равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Как и модели, они имеют уклоны; при назначении размеров ящика учитывают усадку сплава и припуск на обработку. Стержневые ящики делают из тех же материалов, что и модели, а по конструкции – неразъемными (вытряхными) и разъемными.

Опоки – прочные металлические рамы различной формы, предназначены для изготовления литейных полуформ из формовочных смесей. Их изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевых сплавов, они могут быть литыми, сварными или сборными из отдельных литых частей. Стенки опоки часто делают с отверстиями для уменьшения их массы, удаления газов из формы и для лучшего скрепления формовочной смеси с опокой. Соединяют опоки штырями и центрирующими отверстиями в приливах. Для скрепления опок применяют скобы или другие приспособления.

3.1. Формовочные и стержневые смеси

В литейном производстве наиболее распространено получение отливок в разовых формах, изготовленных из песчано-глинистых и других смесей. Разовая форма пригодна для получения только одной отливки. При выемке (выбивке) готовой детали форму разрушают.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать определенными механическими, технологическими и теплофизическими свойствами, основными из которых являются: прочность, поверхностная прочность, пластичность, податливость, непригораемость, газопроницаемость и др.

Прочность – способность смеси обеспечивать сохранность формы (стержня) без разрушения при ее изготовлении и использовании. Формы не должны разрушаться от толчков при сборке и транспортировке, выдерживать давление заливаемого металла.

Поверхностная прочность (осыпаемость) – сопротивление истирающему воздействию струи металла. Если она недостаточна, то происходит отделение частиц формовочной смеси, которые попадают в отливку.

Пластичность – способность смеси воспринимать очертания модели (стержневого ящика) и сохранять полученную форму.

Податливость – способность смеси сокращаться в объеме под действием усадки металла. При недостаточной податливости в отливке возникают напряжения, которые могут привести к образованию трещин.

Непригораемость – способность смеси выдерживать высокую температуру заливаемого сплава без оплавления и химического с ним взаимодействия. Пленки пригара ухудшают качество поверхности и затрудняют последующую обработку. При оплавлении смеси резко снижается ее газопроницаемость.

Газопроницаемость – способность пропускать газы через стенки формы вследствие пористости. В расплавленном металле всегда содержатся растворенные газы, выделяющиеся при его охлаждении и затвердевании. Большое количество водяных паров и газов выделяется также из самих формовочных материалов при их нагревании. При недостаточной газопроницаемости в теле отливки могут образоваться газовые пузыри – раковины.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей используют как природные, так и искусственные материалы.

Песок – основной исходный материал смесей. Наиболее часто применяют кварцевый песок, в основном состоящий из кремнезема, обладающего высокой прочностью, твердостью, огнеупорностью ($t_{пл} = 1713^{\circ}\text{C}$). Мелкозернистые пески используют для мелкого литья, что обеспечивает получение гладкой поверхности отливок. Для крупных отливок применяют крупнозернистые пески, обеспечивающие более высокую газопроницаемость формовочной смеси.

Реже для формовочных смесей применяют цирконовый песок ($t_{пл} = 2000^{\circ}\text{C}$), хромит (хромистый железняк $t_{пл} = 1850^{\circ}\text{C}$) и некоторые другие материалы. Они превосходят кварцевый песок по термохимической устойчивости, теплопроводности, но более дорогие; их используют в особо ответственных случаях, например, для получения крупных стальных отливок с чистой поверхностью.

Глина – второй основной исходный материал в формовочных смесях. Она является связующим веществом, обеспечивающим их прочность и пластичность. На практике наиболее широко используют каолиновые или бентонитовые глины. При наличии влаги на поверхности глинистых частиц образуются гидратные оболочки из молекул воды, которые обеспечивают сцепление частиц и вместе с тем легкое скольжение между ними. Чем больше глина удерживает на поверхности воды, тем выше ее связующая способность, а также и пластичность формовочной смеси. При нагревании (сушке) по мере удаления влаги прочность смеси возрастает.

Кроме глины в качестве связующих веществ в формовочные, а особенно стержневые смеси, вводят жидкое стекло, синтетические смолы, декстрин, сульфитно-спиртовую барду и др. Их вводят в состав смеси в количестве 1...3 %, но они значительно сокращают продолжительность затвердевания.

Для улучшения свойств песчано-глинистых смесей в них вводят добавки. В качестве противопригарных материалов для стального литья используют пылевидный кварц (маршалит), хромистый железняк; для чугуна и цветного литья каменноугольную пыль, мазут. С целью увеличения податливости и газопроницаемости литейных форм в смеси добавляют древесные опилки.

По характеру использования формовочные смеси подразделяются на облицовочные, наполнительные и единые, а по состоянию литейной формы при ее изготовлении и перед заливкой – на сырые и сухие.

Состав формовочной смеси выбирается в зависимости от литейного сплава с учетом его температуры плавления и усадки, а также массы, размеров и конфигурации отливки.

Для предотвращения пригара и улучшения чистоты поверхности отливок формы и стержни покрывают тонким слоем противопригарных материалов. Для сырых форм применяют припылы.

В формах для чугунных отливок используют порошкообразную смесь оксида магния, древесного угля и бентонита, порошкообразный графит. В формах для стальных отливок применяют порошкообразную смесь оксида магния и огнеупорной глины, пылевидный кварц, циркон и другие материалы. Для сухих форм применяют противопригарные краски, водные суспензии этих материалов с добавками связующих.

3.2. Литниковые системы

Литейную форму заливают металлом через литниковую систему, под которой понимают совокупность каналов и резервуаров, по которым расплав поступает из ковша в полость формы. Литниковая система должна обеспечивать непрерывное поступление металла в форму, питание отливки для компенсации усадки, предотвращать разрушение формы, попадание шлака и воздуха со струей расплава.

Основными элементами литниковой системы являются литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатели (рис. 3). Чаша уменьшает размывающее действие струи расплава, задерживает всплывающий шлак. Для лучшего задержания шлаковых включений в литниковые чаши или другие элементы литниковой системы иногда устанавливают фильтры (например, керамические сетки либо фильтры из специальной стеклоткани).

Стояк представляет собой вертикальный конический, обычно суживающийся к низу канал круглого сечения, по которому металл из литниковой чаши или воронки попадает в шлакоуловитель.

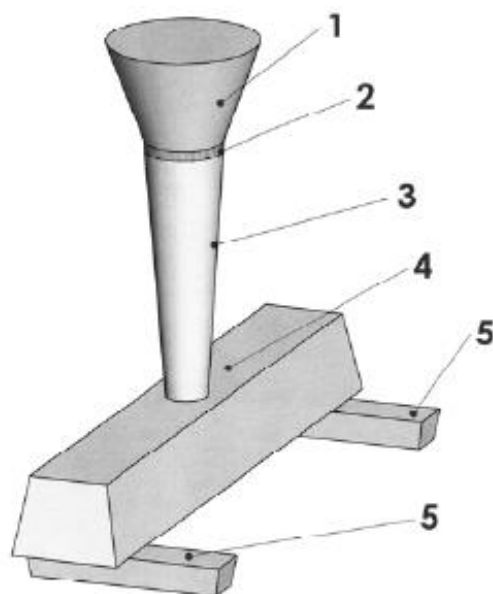


Рисунок 3 – Элементы литниковой системы: 1 – литниковая воронка; 2 – фильтр из специальной стеклоткани; 3 – стояк; 4 – шлакоуловитель; 5 – питатели

Шлакоуловитель служит для задержания попавших в металл шлака и других включений и представляет собой горизонтальный канал, обычно трапецевидного сечения, располагающийся в верхней полуформе.

Питатели представляют собой каналы прямоугольного или трапецевидного сечения, которые примыкают к нижней части шлакоуловителя и предназначены для подвода металла непосредственно в полость формы. Их располагают в нижней полуформе на некотором расстоянии от стояка и концов шлакоуловителя, так как в противном случае в них, а следовательно, и в полость формы, может попасть шлак. Для лучшего задержания шлака в литниковой системе выдерживается следующее соотношение размера сечения стояка, шлакоуловителя и питателей: $F_{ст} > F_{шл} > F_{пит}$.

Над самым высоким местом полости формы, на стороне, противоположной месту подвода в нее металла, делают выпоры – каналы для выхода из формы воздуха и газов и всплывающих неметаллических включений. Они содействуют нормальной усадке застывающего сплава и позволяют контролировать полноту заполнения формы металлом.

При изготовлении отливок из стали у наиболее массивных частей делают прибыли – наполненные жидким металлом полости, предназначенные для предупреждения образования в отливках усадочных раковин и рыхлот. Они должны все время пополнять затвердевающую отливку жидким металлом и сами затвердевают последними.

В зависимости от формы, размера отливки, состава и свойств литейного сплава применяются верхняя, нижняя (сифонная) и ярусная литниковые системы. Верхняя система наиболее проста, ее применяют для мелких деталей небольшой высоты. С увеличением высоты происходит размывание формы

струей металла, разбрызгивание и окисление его, увеличивается количество неметаллических включений в теле отливки.

Нижнюю систему применяют для средних и толстостенных отливок значительной высоты. Она обеспечивает спокойное заполнение формы металлом, но она более сложна.

Ярусная система обеспечивает последовательное питание отливки снизу вверх, и ее применяют для крупных отливок. Недостатки ярусной системы – сложность в изготовлении и значительный расход металла на литники.

3.3. Изготовление литейной формы

Ручную формовку в опоках по разъемной модели для изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме осуществляют в следующей последовательности:

Изготовление нижней полуформы. Нижнюю половину модели, не имеющую центрирующих шипов, ставят плоскостью разъема на подмодельную доску 1 (рис. 4) и устанавливают опоку 2. Поверхность модели 3 и доски посыпают разделительным составом для уменьшения прилипания смеси к оснастке (сухой кварцевый песок, порошок талька или графита). На модель наносят слой облицовочной смеси 4 толщиной 20–30 мм, уплотняют ее руками вокруг всей модели. Затем заполняют остальной объем опоки наполнительной смесью и уплотняют ее трамбовкой 5 сначала у стенок опоки, а затем в средней части. Излишек смеси срезают линейкой. В формовочной смеси на расстоянии 40–50 мм друг от друга и на 10–15 мм от модели душником 12 накалывают отверстия 11 (рис. 5) для выхода газов. Заформованную опоку покрывают второй подмодельной доской и переворачивают на 180°.

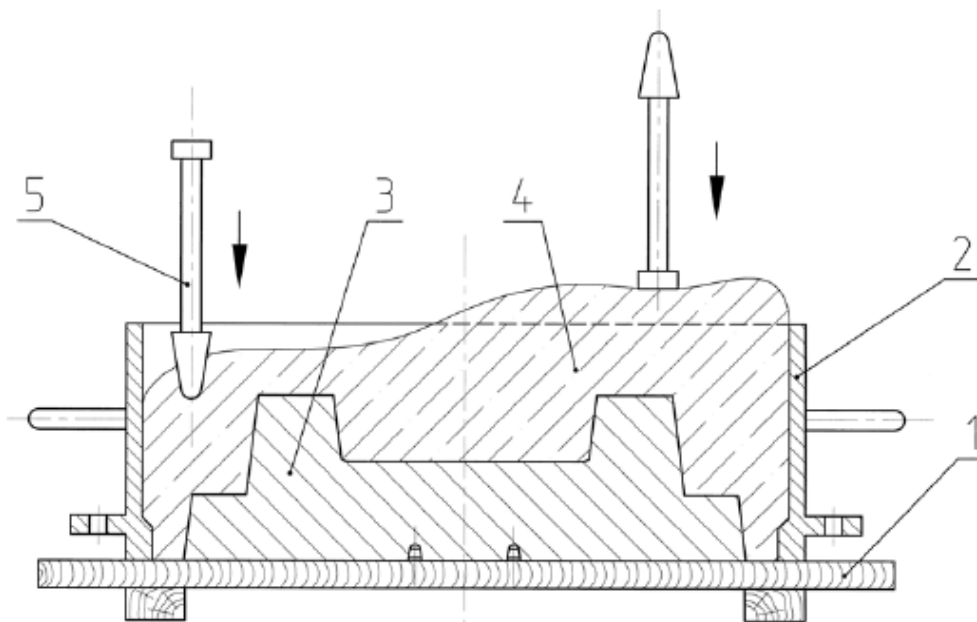


Рисунок 4 – Изготовление нижней полуформы

Изготовление верхней полуформы. На нижнюю половину модели 3 (рис. 5) по центрирующим шипам устанавливают верхнюю половину модели 6, модели шлакоуловителя, стояка 10 и выпоров 9. Поверхность разъема формы посыпают тонким слоем сухого кварцевого песка для того, чтобы формовочная смесь в верхней опоке 8 не прилипла к смеси в нижней опоке 2. Верхнюю опоку устанавливают по центрирующим штырям 7 на нижнюю опоку. Наполняют ее формовочными смесями 4 так же, как и нижнюю. После уплотнения смеси трамбовкой 5 вокруг стояка гладилкой прорезают литниковую чашу.

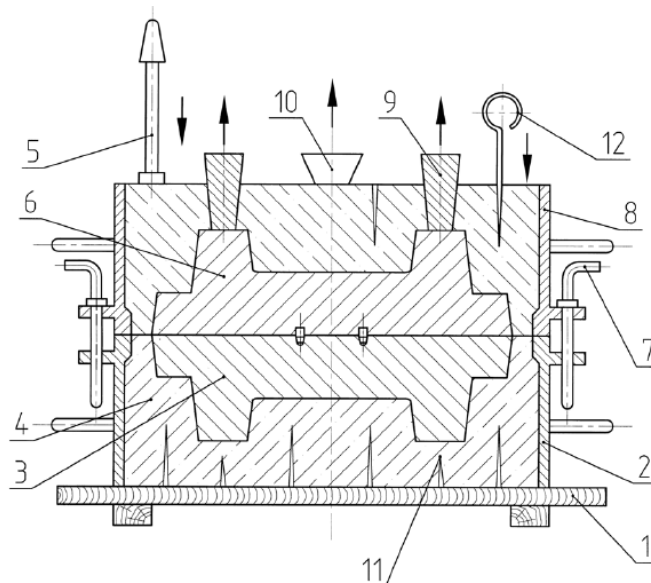


Рисунок 5 – Изготовление верхней полуформы

Извлечение моделей. Модели стояка и выпоров раскачивают и удаляют из верхней полуформы. Верхнюю опоку снимают и поворачивают на 180° разъемом вверх. В плоскости разъема нижней полуформы гладилкой прорезают питатели. Из полуформ после легкого раскачивания удаляют половины моделей и модель шлакоуловителя. Устраняют возможные дефекты формы, возникшие при извлечении моделей, обдувают обе полуформы сухим сжатым воздухом для удаления возможного засора. Поверхность полуформ припыливают молотым древесным углем или графитом.

Сборка литейной формы. В формообразующей полости 3 нижней полуформы 2 устанавливают стержень 4 (для формирования центрального отверстия) (рис. 6). Накрывают нижнюю полуформу верхней полуформой 1. Полуформы фиксируют штырями 7 или скобами и на верхнюю полуформу устанавливают груз 6 для предотвращения ухода жидкого металла через разъем формы во время заливки в литниковую систему 5. Производится заливка металла в форму до тех пор, пока он, поднимаясь снизу, не заполнит до верха выпоры.

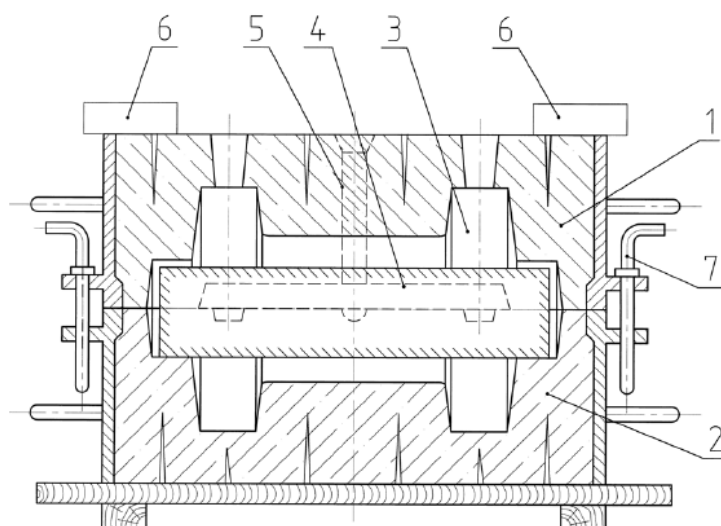


Рисунок 6 – Литейная форма в сборе

4. АНАЛИЗ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Основой для разработки технологического процесса изготовления отливки является чертеж детали. На чертеж детали в соответствии с ГОСТ 3.1125-88 наносят технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы и стержня, и получают чертеж отливки с модельно-литейными указаниями.

Например, на рисунке 1 приведен чертеж патрубка, изготовленного из серого чугуна СЧ15 ГОСТ 1412-85.

Патрубок является телом вращения, используется для соединения чугунных труб разного диаметра в одну систему и в нем можно выделить следующие элементы:

- ступенчатое центральное отверстие с диаметром 32 мм, не требующее механической обработки, и диаметром $20^{+0,13}$, размер и шероховатость которого $\sqrt{R_z 40}$ будут получены в результате механической обработки;
- механической обработке подвергаются верхний торец диаметром 90 мм и нижний торец диаметром 60 мм с выдерживанием размера $100 \pm 0,15$ мм.

Фланец изготавливается из серого чугуна СЧ15, маркировка которого имеет следующую структуру: «С» – серый (обозначает тип чугуна по форме графитовых включений); «Ч» – чугун (обозначает базовый материал); «15» – число, указывающее минимальное значение временного сопротивления при растяжении в кгс/мм² (примерно 150 МПа).

Чугун марки СЧ15, соответствующий требованиям ГОСТ 1412-85, обладает рядом преимуществ, которые делают его востребованным материалом в различных отраслях промышленности:

- сочетает достаточную прочность для деталей средней нагруженности с хорошими литейными свойствами, высокой износостойкостью и экономичностью;

- отличные демпфирующие свойства;
- высокая коррозионная стойкость в атмосферных условиях и почвенной среде;
- возможность получения отливок сложной формы с минимальной механической обработкой.

Однако у чугуна СЧ15 есть и недостатки: ограниченная прочность на растяжение и изгиб, низкая пластичность и высокая хрупкость.

Химический состав чугуна СЧ15 согласно ГОСТ 1412-85:

- углерод (C) – 3,3–3,5 %, обеспечивает образование графитовых включений, влияет на литейные свойства и твердость;
- кремний (Si) – 1,9–2,5 %, способствует графитизации, повышает жидкотекучесть и снижает усадку;
- марганец (Mn) – 0,7–1,0 %, повышает прочность, твердость и износостойкость;
- сера (S) – не более 0,15 %, вредная примесь, но в малых количествах улучшает обрабатываемость;
- фосфор (P) – не более 0,2 %, повышает жидкотекучесть, но снижает вязкость и пластичность;
- хром (Cr) – не более 0,2 %, повышает твердость и износостойкость;
- Никель (Ni) – не более 0,3 %, улучшает механические свойства и коррозионную стойкость;
- железо (Fe) – остальное (около 93,6 – 94,1 %).

Некоторые физико-механические свойства чугуна СЧ15:

- плотность – 7,0–7,3 г/см³;
- температура плавления – 1150–1200 °С;
- предел прочности при сжатии – 500 – 600 МПа;
- твердость по Бринеллю – 163 – 229 НВ;
- модуль упругости – 83 – 103 ГПа.

В технических требованиях чертежа детали согласно ГОСТ 53464-2009 должны быть указаны: класс точности размеров и ряд припусков на механическую обработку. Эти параметры назначаются в зависимости от способа литья, марки сплава и габаритных размеров отливки, а также группы сложности и условий производства (единичное, серийное, массовое) (табл. 1).

Таблица 1 – Классы точности размеров и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья

Способ литья	Наиболь- ший габарит- ный размер отливки, мм	Тип металла и сплава			
		Цветные легкие нетермооб- рабатывае- мые сплавы	Нетермообра- батываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообраты- ваемые цветные легкие сплавы	Термообра- батываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы	Термообра- батываемые стальные сплавы
		Классы точности размеров и ряды припусков			
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям с применением малотерморасширяю- щихся огнеупорных материалов (плавленого кварца, корунда)	до 100	$\frac{3т - 6}{1}$	$\frac{3 - 7т}{1}$	$\frac{4 - 7}{1 - 2}$	$\frac{5т - 8}{1 - 2}$
	101-250	$\frac{3 - 7т}{1}$	$\frac{4 - 7}{1 - 2}$	$\frac{5т - 8}{1 - 2}$	$\frac{5 - 9т}{1 - 3}$
	251-630	$\frac{4 - 7}{1 - 2}$	$\frac{5т - 8}{1 - 2}$	$\frac{5 - 9т}{1 - 3}$	$\frac{6 - 9}{2 - 3}$
Литье по выжи- гаемым моделям с применением кварце- вых огнеупорных материалов	до 100	$\frac{3 - 7}{1 - 2}$ $\frac{4 - 8}{1 - 2}$	$\frac{4 - 8}{1 - 2}$ $\frac{5т - 9т}{1 - 2}$	$\frac{5т - 9т}{1 - 3}$ $\frac{5 - 9}{1 - 3}$	$\frac{5 - 9}{1 - 3}$ $\frac{6 - 10}{1 - 3}$
	101-250	$\frac{1 - 2}{5т - 9т}$	$\frac{1 - 3}{5 - 9}$	$\frac{1 - 3}{6 - 10}$	$\frac{2 - 3}{7т - 11т}$
	251-630	$\frac{1 - 3}{1 - 3}$	$\frac{1 - 3}{1 - 3}$	$\frac{2 - 3}{2 - 3}$	$\frac{2 - 4}{2 - 4}$
Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	до 100	$\frac{4 - 8}{1 - 2}$	$\frac{5т - 9т}{1 - 3}$	$\frac{5 - 10}{1 - 3}$	$\frac{6 - 10}{2 - 3}$
	101-250	$\frac{5т - 9т}{1 - 3}$	$\frac{5 - 9}{1 - 3}$	$\frac{6 - 10}{2 - 3}$	$\frac{7т - 11т}{2 - 4}$
	251-630	$\frac{5 - 9}{1 - 3}$	$\frac{6 - 10}{2 - 3}$	$\frac{7т - 11т}{2 - 4}$	$\frac{7 - 11}{2 - 4}$
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	до 100	$\frac{5т - 9т}{1 - 3}$ $\frac{5 - 9}{5 - 9}$	$\frac{5 - 9}{1 - 3}$ $\frac{6 - 10}{6 - 10}$	$\frac{6 - 10}{2 - 3}$ $\frac{7т - 11т}{7т - 11т}$	$\frac{7т - 11т}{2 - 4}$ $\frac{7 - 11}{7 - 11}$
	101-250	$\frac{1 - 3}{6 - 10}$	$\frac{2 - 3}{7т - 11т}$	$\frac{2 - 4}{7 - 11}$	$\frac{2 - 4}{8 - 12}$
	251-630	$\frac{2 - 3}{7т - 11т}$	$\frac{2 - 4}{7 - 11}$	$\frac{2 - 4}{8 - 12}$	$\frac{3 - 4}{9т - 13т}$
	631-1600	$\frac{2 - 4}{7 - 11}$	$\frac{2 - 4}{8 - 12}$	$\frac{3 - 4}{9т - 13т}$	$\frac{3 - 5}{9 - 13}$
	1601- 4000	$\frac{2 - 4}{2 - 4}$	$\frac{3 - 4}{3 - 4}$	$\frac{3 - 5}{3 - 5}$	$\frac{4 - 6}{4 - 6}$

Продолжение табл. 1

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип металла и сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообратываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
		Классы точности размеров и ряды припусков			
Литье в оболочковые формы из терморективных смесей. Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой без тепловой сушки. Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей. Литье в песчано-глинистые подсушиваемые и сухие формы	до 100	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{4-6}$
	101-250	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{4-6}$	$\frac{10-14}{4-6}$
	251-630	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{4-6}$	$\frac{10-14}{4-6}$	$\frac{11-14}{4-6}$
	631-1600	$\frac{10-14}{4-6}$	$\frac{11-14}{4-6}$	$\frac{11-15}{4-6}$	$\frac{12-15}{4-7}$
	1601-4000	$\frac{11-14}{4-6}$	$\frac{11-15}{4-6}$	$\frac{12-15}{4-7}$	$\frac{13-16}{4-7}$
	4001-10000	$\frac{11-15}{4-6}$	$\frac{12-15}{4-7}$	$\frac{13-16}{4-7}$	$\frac{13-16}{5-7}$
	св.	$\frac{4-7}{4-7}$	$\frac{4-7}{4-7}$	$\frac{5-7}{5-7}$	$\frac{1-7}{1-7}$
	10000				
Литье по газифицированным моделям в песчаные формы. Литье в формы, отверждаемые в контакте с холодной оснасткой. Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями. Литье в облицованный кокиль	до 100	$\frac{5-10}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$
	101-250	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$
	251-630	$\frac{7-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$
	631-1600	$\frac{8-13}{2-4}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{10-14}{4-6}$
	1601-4000	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{10-14}{4-6}$	$\frac{11-14}{4-6}$
	4001-10000	$\frac{3-5}{3-5}$	$\frac{3-5}{3-5}$	$\frac{4-6}{4-6}$	$\frac{4-6}{4-6}$
Литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных (до 2,8 %) высокопрочных (более 16 кПа) смесей с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц	до 100	$\frac{5-10}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$
	101-250	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$
	251-630	$\frac{7-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$
	631-1600	$\frac{8-13}{2-4}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{10-14}{4-6}$
	1601-4000	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-5}$	$\frac{10-14}{4-6}$	$\frac{11-14}{4-6}$
	4001-10000	$\frac{3-5}{3-5}$	$\frac{4-6}{4-6}$	$\frac{4-6}{4-6}$	$\frac{4-6}{4-6}$

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип металла и сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы (температура плавления ниже 700°С, плотность до 3 г/см³)	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообратываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугуны и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
		Классы точности размеров и ряды припусков			
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей влажностью 2,8-3,5 % и прочностью 120-160 кПа с уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц. Литье центробежное (внутренние поверхности). Литье в формы, отверждаемые в контакте с горячей оснасткой. Литье в вакуумно-плёночные песчаные формы	до 100	$\frac{6-11т}{2-4}$ $\frac{7т-11}{7т-11}$	$\frac{7т-11}{2-4}$ $\frac{7т-12}{7т-12}$	$\frac{7-12}{2-4}$ $\frac{8-13т}{8-13т}$	$\frac{8-13т}{3-5}$ $\frac{9т-13}{9т-13}$
	101-250	$\frac{2-4}{7-12}$	$\frac{2-4}{8-13т}$	$\frac{3-5}{9т-13т}$	$\frac{3-6}{9-13}$
	251-630	$\frac{4-12}{8-13т}$	$\frac{3-5}{9т-13}$	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{3-6}{10-14}$
	631-1600	$\frac{2-5}{9т-13}$	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{3-6}{10-14}$	$\frac{3-6}{11т-14}$
	1601-4000	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{3-6}{10-14}$	$\frac{3-6}{11т-14}$	$\frac{3-6}{11-15}$
	4001-10000	$\frac{3-6}{3-6}$	$\frac{3-6}{3-6}$	$\frac{3-6}{3-6}$	$\frac{4-7}{4-7}$
Литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей влажностью 3,5-4,5 % и прочностью 60-120 кПа смесей с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц	до 100	$\frac{7т-11}{2-4}$ $\frac{7-12}{7-12}$	$\frac{7-12}{2-4}$ $\frac{8-13т}{8-13т}$	$\frac{8-13т}{3-5}$ $\frac{9т-13}{9т-13}$	$\frac{9т-13}{3-6}$ $\frac{9-13}{9-13}$
	101-250	$\frac{2-4}{8-13т}$	$\frac{3-5}{9т-13}$	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{3-6}{10-14}$
	251-630	$\frac{3-5}{9т-13}$	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{3-6}{10-14}$	$\frac{3-6}{11т-14}$
	631-1600	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{3-6}{10-14}$	$\frac{3-6}{11т-14}$	$\frac{3-6}{11-15}$
	1601-4000	$\frac{3-6}{10-14}$	$\frac{11-17}{11т-14}$	$\frac{3-6}{11-15}$	$\frac{4-7}{12-15}$
	4001-10000	$\frac{3-6}{3-6}$	$\frac{3-6}{3-6}$	$\frac{4-7}{4-7}$	$\frac{4-10}{4-10}$
Литье в песчано-глинистые сырые формы из высоковлажных (более 4,5 %) низко-прочных (до 60 кПа) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости ниже 70 единиц	до 100	$\frac{7-12}{2-4}$ $\frac{8-13т}{8-13т}$	$\frac{8-13т}{3-5}$ $\frac{9т-13}{9т-13}$	$\frac{9т-13}{3-6}$ $\frac{9-13}{9-13}$	$\frac{9-13}{4-6}$ $\frac{10-14}{10-14}$
	101-250	$\frac{3-5}{9т-13}$	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{4-6}{10-14}$	$\frac{4-6}{11т-14}$
	251-630	$\frac{3-6}{9-13}$	$\frac{4-6}{10-14}$	$\frac{4-6}{11т-14}$	$\frac{4-6}{11-15}$
	631-1600	$\frac{4-6}{10-14}$	$\frac{4-6}{11т-14}$	$\frac{4-6}{11-15}$	$\frac{4-7}{12-15}$
	1601-4000	$\frac{4-6}{11т-14}$	$\frac{4-6}{11-15}$	$\frac{4-7}{12-15}$	$\frac{4-10}{13т-16}$
	4001-10000	$\frac{4-6}{11-15}$	$\frac{4-7}{12-15}$	$\frac{4-10}{13т-16}$	$\frac{5-18}{13-16}$
	св.	$\frac{4-7}{4-7}$	$\frac{4-10}{4-10}$	$\frac{5-18}{5-18}$	$\frac{5-18}{5-18}$
	10000				

В таблице 1 в числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие значения – к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов.

Для верхних (при заливке поверхностей) отливок единичного и мелкосерийного производства, изготавливаемых в разовых формах, допускается принимать увеличенные на 1 – 3 единицы значения ряда припуска.

5. ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ ОТЛИВКИ

Выбор конфигурации отливки осуществляется на чертеже детали и включает:

- анализ технологичности конструкции – учитывают способ литья, максимальные и минимальные размеры отливки;
- назначение припусков и допусков – это может быть выполнено расчетно-аналитическим или табличным (опытно-статистическим) методом;
- определение мест установки стержней, прибылей, выпоров и расположения элементов литниковой системы. Например, прибыли обычно устанавливают на верхних частях отливки (в узлах сочленений, тепловых узлах).

Очертания внутренних и наружных поверхностей отливки должны быть упрощены, т. е. содержать минимальное число разъемов. Конструкция модели, по возможности, не должна включать отдельные дополнительные части.

На основании чертежа детали (рис. 1) создается чертеж модельно-литейных указаний – чертеж детали с элементами литейной технологии. Элементы литейной технологии наносятся непосредственно на чертеж детали.

Разъем модели и литейной формы изображается ограниченной стрелками сплошной основной линией, перпендикулярной линии разъема. Над линией разъема проставляется обозначение МФ (если модель разъемная) или Ф (если модель неразъемная, а форма разъемная).

Плоскость разъема формы, представляющая собой поверхность смыкания (контакта) отдельных полуформ, определяет пространственное расположение отливки в форме. От выбора плоскости разъема зависят конструкция и размеры литейной формы, направление и величина формовочных уклонов, количество необходимых стержней и их конфигурация, расположение литниковой системы и другие технологические характеристики.

При выборе плоскости разъема наиболее ответственные поверхности отливки целесообразно располагать в нижней части формы или вертикально, так как в верхней части отливки скапливаются дефекты – газовые раковины и шлаковые включения. Плоскость разъема выбирают с учетом удобства формовки и извлечения модели из формы. Кроме того, желательно, чтобы отливка или, по крайней мере, ее базовые поверхности для механической обработки были расположены в одной полуформе. В симметричных деталях плоскость разъема обычно проходит через ось симметрии.

После выбора плоскости разъема назначаются припуски на механическую обработку, намечаются формовочные уклоны модели и знаки стержня.

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОТЛИВКИ

6.1. Определение припусков на механическую обработку

Обычно отливки являются заготовками, которые подвергаются дальнейшей механической обработке для достижения размеров, требуемой точности и необходимого качества (шероховатости) поверхности готовой детали. С этой целью на соответствующих поверхностях детали, имеющих знак механической обработки и требуемой шероховатости, предусматриваются припуски на механическую обработку. Припуск на механическую обработку – это слой металла, предназначенный для снятия в процессе механической обработки, который регламентируется ГОСТом. Величина шероховатости поверхности детали не влияет на величину припуска. Величина припуска зависит от материала отливки, ее габаритного размера, положения в форме поверхностей, на которые назначается припуск, и способа изготовления отливок.

Припуски на обработку (на сторону) назначают дифференцированно на каждую обрабатываемую поверхность отливки в соответствии с ГОСТ Р 53464-2009. Числовое значение припуска зависит от уровня точности обработки резанием, общего допуска элемента отливки, вида окончательной механической обработки и номера ряда припуска.

Для устранения погрешностей размеров, формы и расположения, неровностей и дефектов обрабатываемой поверхности, формирующихся при изготовлении отливки и последовательных переходах ее обработки, в целях повышения точности обрабатываемого элемента отливки назначают общий припуск. Общий припуск по ГОСТ Р 53464-2009 является наибольшим суммарным предельным на все переходы обработки: черновую, получистовую, чистовую и тонкую. Следовательно, припуск, соответствующий, например, чистовой обработке, включает припуск на три перехода: черновую, получистовую и собственно чистовую обработку.

Для назначения припусков необходимо:

- выбрать класс точности размеров конкретной отливки и ряд припусков;

- определить допуски на размеры отливки;
- назначить основной припуск в зависимости от качества точности механической обработки отливки;
- предусмотреть дополнительный припуск в связи с возможным короблением отливки и смещением ее частей по плоскости разъема литейной формы.

Приведенная последовательность назначения припусков реализуется в производственных условиях профессиональными технологами-литейщиками.

В рамках настоящей курсовой работы достаточно выполнить первые три пункта.

Пример (рис. 1): точность отливки 8 – 4 ГОСТ 53464-2009. Из примера следует: класс точности размеров отливки – 8; ряд припуска на механическую обработку – 4.

В таблице 2 приведены допуски на размеры отливок с 5 по 14 классы точности размеров. 8-й класс точности применяется для отливок массового производства, а 10-й класс – для отливок единичного производства.

Класс точности размеров отливок определяется в основном способом их изготовления: при массовом и крупносерийном производстве, когда применяются металлические модели и стержневые ящики, достигается более высокая точность по сравнению с единичным и мелкосерийным производством.

Таблица 2 – Допуски размеров отливок для классов точности размеров

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски номинальных размеров отливок, мм, для классов точности отливок													
	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14
до 4	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-
св. 4 до 6	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-
св. 6 до 10	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	-
св. 10 до 16	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7
св. 16 до 25	0,40	0,5	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8
св. 25 до 40	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9
св. 40 до 63	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10
св. 63 до 100	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11
св. 100 до 160	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12
св. 160 до 250	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14
св. 250 до 400	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16
св. 400 до 630	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18
св. 630 до 1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20
св. 1000 до 1600	-	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22
св. 1600 до 2500	-	-	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12,0	16,0	20,0	24
св. 2500 до 6000	-	-	-	3,2	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14,0	18,0	22,0	28

Значения припусков в таблице 3 указаны для поверхностей отливок, находящихся при заливке снизу или сбоку. На верхние при заливке поверхности

следует увеличить припуск до значения, соответствующего следующему ряду припусков согласно таблице 3.

Таблица 3 – Припуски на механическую обработку

Допуски размеров отливков, мм	Ряды припусков, не более					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,4	–	–	–	–	–
0,12–0,16	0,5	0,8	–	–	–	–
0,16–0,20	0,6	1,0	1,4	–	–	–
0,20–0,24	0,7	1,1	1,5	–	–	–
0,24–0,30	0,8	1,2	1,6	2,2	3,0	–
0,30–0,40	0,9	1,3	1,8	2,4	3,2	–
0,40–0,50	1,0	1,4	2,0	2,6	3,5	–
0,50–0,60	1,2	1,6	2,2	2,8	3,6	–
0,60–0,80	1,4	1,8	2,4	3,0	3,8	5,0
0,80–1,0	1,6	2,0	2,8	3,2	4,0	5,5
1,0–1,2	2,0	2,4	3,0	3,4	4,2	6,0
1,2–1,6	2,4	2,8	3,2	3,8	4,6	6,5
1,6–2,0	2,8	3,2	3,6	4,2	5,0	7,0
2,0–2,4	3,2	3,6	4,0	4,6	5,5	7,5
2,4–3,0	3,6	4,0	4,5	5,0	6,5	8,0
3,0–4,0	4,5	5,0	5,5	6,5	7,0	9,0
4,0–5,0	5,5	6,0	6,5	7,5	8,0	10,0

Торцевые поверхности детали, ограниченные размером $100 \pm 0,15$, подвергаются механической обработке, о чем свидетельствуют знаки шероховатости – $\sqrt{R_z 40}$, проставленные на чертеже детали. Следовательно, на этих поверхностях предусматривается припуск на механическую обработку. Последовательность назначения припуска:

– номинальный размер детали 100 мм (интервал размеров св. 63 до 100); класс точности размеров, указанный в технических требованиях – 8, следовательно, допуск для размера 100, согласно данным таблицы 2, составит 1,4 мм;

– по выбранному значению допуска (интервал 1,2–1,6) и указанному в технических требованиях ряду припуска 4 назначаем припуск на механическую обработку, который, согласно данным таблицы 3, составит – 3,8 мм.

Аналогично, для диаметра $20^{+0,13}$, шероховатость которого $\sqrt{R_z 40}$ (рис. 1), припуск на механическую обработку выбран равным 3,2 мм.

Величина припуска на механическую обработку для размера 100 составила 3,8 мм. Согласно ГОСТ 53464-2009, общие припуски на поверхности вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве взаимных

баз при их обработке, назначают по половинным значениям общих допусков отливки на соответствующие диаметры или расстояния между противоположными поверхностями отливки. Так как для достижения точности размера $100 \pm 0,15$ требуется обработать две торцевые поверхности, припуск 3,8 мм в этом случае делится пополам, и на каждую торцевую поверхность назначается припуск – 1,9 мм.

Так как отверстие диаметром $20^{+0,13}$ – поверхность вращения, то общий припуск 3,2 мм в этом случае делится пополам, поэтому на чертеже назначается припуск – 1,6 мм (рис. 6).

Величина припуска на механическую обработку проставляется рядом со знаком шероховатости поверхности после обработки.

Например, обозначение 1,9 (рис. 6) свидетельствует, что припуск на механическую обработку составляет 1,9 мм, а высота неровностей по параметру $\sqrt{R_z 40}$ после обработки не должна превышать 40 мкм. Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией (рис. 6). Допускается выполнять линию припуска красным цветом.

После выбора плоскости разъема, назначения припуска на чертеже детали указываются следующие элементы литейной технологии: направление и величина формовочных уклонов, стержни и их знаковые части, и в заключение – знаковые части модели.

6.2. Определение формовочных уклонов

Технологический припуск применяется для упрощения и облегчения процесса получения отливки. К технологическим припускам относятся литейные формовочные уклоны, напуски, приливы, ребра, галтели.

Обязательными элементами на чертеже модельно-литейных указаний являются формовочные (литейные) уклоны. Чертеж детали с элементами литейной технологии называется чертежом модельно-литейных указаний (рис. 7).

Формовочные уклоны на модели необходимы для ее извлечения без разрушения формы, для свободного удаления из стержневого ящика. Назначаются уклоны на рабочих поверхностях в том случае, если в отливке не предусмотрены конструктивные уклоны. Формовочные уклоны выполняются на вертикальных рабочих поверхностях, перпендикулярных плоскости разъема, т. е. в направлении извлечения модели из формы, следовательно, определение формовочных уклонов можно выполнить только после выбора плоскости разъема.

Значения формовочных уклонов выбираются по ГОСТ 3212-92 и выполняются (рис. 8):

- на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис. 8, а). Допускается выполнение уклонов за счет уменьшения припуска, но не более 30 % его значения;

- на необрабатываемых поверхностях, которые не сопрягаются с другим деталями, путем одновременного увеличения или уменьшения размера отливки;
- на необрабатываемых поверхностях, которые не сопрягаются с другими деталями, путем уменьшения, увеличения или одновременного увеличения и уменьшения отливки.

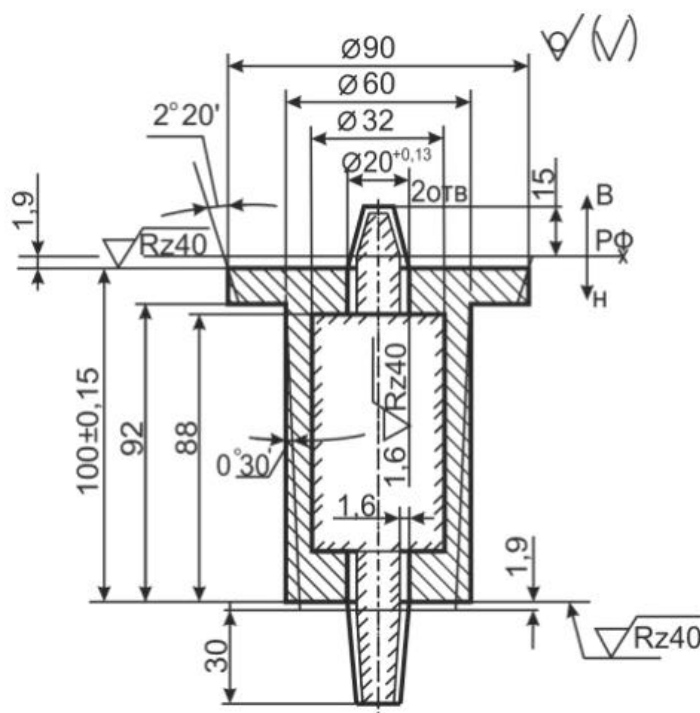


Рисунок 7 – Чертеж модельно-литейных указаний

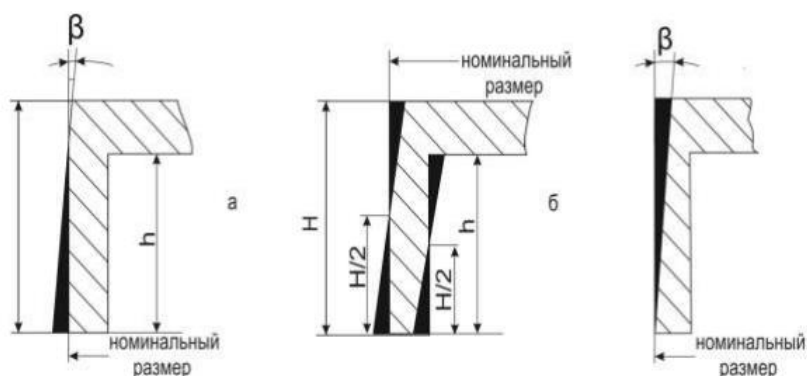


Рисунок 8 – Формовочные уклоны на моделях и формах:
а – на обрабатываемой поверхности; *б, в* – на необрабатываемой поверхности

Величина литейных уклонов « β » зависит от способа изготовления отливки, материала модели и высоты боковой поверхности (табл. 4).

На чертеже модельно-литейных указаний (рис. 7) назначены формовочные уклоны на поверхностях, перпендикулярных плоскости разреза:

– 2°20′ на поверхности высотой 9,9 мм (размер с учетом припуска на механическую обработку);

– 0°30′ на поверхности высотой 93,9 мм (размер с учетом припуска на механическую обработку). В данном примере формовочные уклоны назначены с уменьшением номинального размера (модель металлическая) (рис. 7).

Таблица 4 – Величина литейных уклонов «β» по ГОСТ 3212-92

Высота боковой поверхности, мм	Угол уклона β для модели	
	деревянной	металлической или пластмассовой
до 10	2°55′	2°20′
Св. 10 – 16	1°55′	1°35′
16 – 25	1°30′	1°10′
25 – 40	1°05′	0°50′
40 – 63	0°45′	0°35′
63 – 100	0°35′	0°25′
100 – 160	0°25′	0°20′
160 – 250		
250 – 400		
400 – 630		
630 – 1000		
1000 – 1600		
1600 – 2500		

6.3. Стержни и их знаки

Применение стержней обусловлено необходимостью оформления внутренней полости отливки, поэтому форма стержня является копией внутренней полости будущей отливки. Стержни являются (в части их изготовления) самостоятельными элементами литейной технологии, однако конструктивно они принадлежат форме и подчиняются ей. Для стержней характерно наличие знаков, т. е. частей, которыми они закрепляются в форме. Конструктивные размеры форм, стержней, моделей и стержневых ящиков должны быть полностью согласованы.

На чертеже детали с элементами литейной технологии (рис. 7) стержни и их знаки изображаются сплошной тонкой линией с нанесением штриховки только у контурных линий.

Стержневые знаки подразделяются на горизонтальные (рис. 9, а) и вертикальные (рис. 9, б) (в зависимости от положения стержня при сборке литейной формы) согласно ГОСТ 3212-92.

При вертикальном расположении стержней обязательно наличие конусности на их знаках; при горизонтальном расположении стержней продольная конусность знаков не выполняется.

Длину горизонтальных стержневых знаков в зависимости от диаметра и длины стержня следует выбирать по таблице 5.

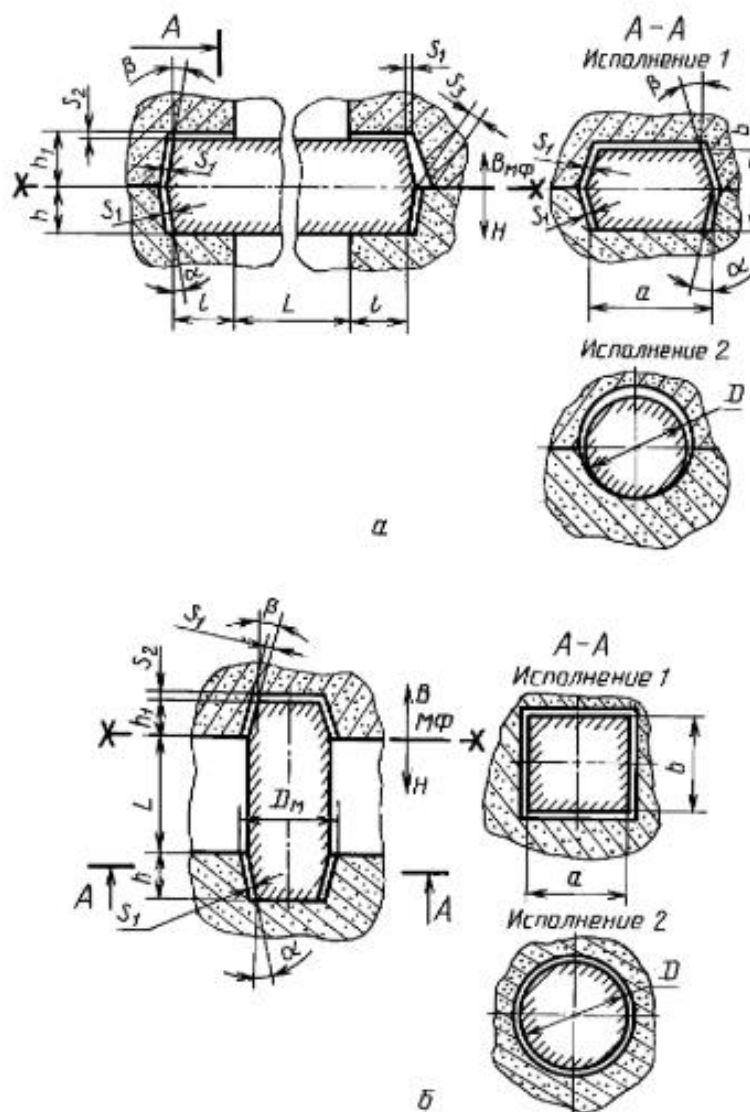


Рисунок 9 – Стержневые знаки: *а* – горизонтальные; *б* – вертикальные

Высоту нижних вертикальных знаков следует назначать в соответствии с таблицей 6.

Высота верхнего вертикального знака h_1 определяется в зависимости от высоты нижнего знака:

$$h_1 \geq 0,5h.$$

Для массового и крупносерийного производства допускается назначать высоты нижнего и верхнего знаков одинаковыми.

При отсутствии верхнего вертикального знака высоту нижнего знака допускается увеличивать до 50 % по сравнению с указанными значениями в таблице 6.

Уклоны на знаковых поверхностях (рис. 9) должны соответствовать указанным значениям в таблице 7.

Таблица 5 – Длина горизонтальных стержневых знаков

$\frac{a+b}{2}$ или D , мм	Длина знака l , не более при длине стержня L , мм									
	до 40	40-63	64-100	101-160	161-250	251-400	401-630	631-1000	1001-1600	1601-2500
до 25	20	25	30	35	—	—	—	—	—	—
26-40				45	50	75	95			
41-63				40	50			60		
64-100			35	40	35	45	55	65		
101-160	50	60			75	95	115	130		
161-250		40			65	80	100	125	145	
251-400	40	45			60	75	85	110	140	160
401-630			65	85		100	130	160	180	220
631-1000	—	—	—	—	—	115	150	180	210	260
1001-1600						—	—	200	245	300

Таблица 6 – Высота нижних вертикальных знаков

$\frac{a+b}{2}$ или D , мм	Высота знака h , не более при высоте стержня L , мм														
	до 40	40-63	64-100	101-160	161-250	251-400	401-630	631-1000	1001-1600	1601-2500	св. 2500				
до 25	20	30	30	30	—	—	—	—	—	—	—				
26-40					50	60									
41-63	25	35	35	35	40		80	110	130						
64-100					50	70						100	130		
101-160	30						40	180							
161-250						40			40	60	80	120	180	190	
251-400	40				40	50	70	100	130	180	190				
401-630		40	40	60								80	120	170	180
631-1000		50	50	50								50	50	50	50
1001-1600	70	70	70	70	70	70	70	70	100	130	140				
1601-2500	100	100	100	100	100	100	100	100	100	110	120				

Таблица 7 – Уклоны на знаковых поверхностях

Высота знака h или h_1 , мм	Уклон знаков		
	Модельного комплекта		Модели
	для низа α	для верха β	α_1
до 40	10°	15°	4°
41 – 63	7°	10°	3°
64 – 100	6°	8°	2°
101 – 160	5°	6°	1°
161 – 250	5°	6°	45'
251 – 400	5°	6°	—
401 – 630	4°	5°	—
631 – 1000	3°	4°	—
св. 1000	2°30'	3°	—

На чертеже детали с элементами литейной технологии (рис. 7) высота вертикальных знаков и уклоны на них назначены в соответствии с данными таблиц 6 и 7.

Знаковые части модели обеспечивают отпечаток (полость) в форме для установки знаковых частей стержня, поэтому повторяют форму стержневых знаков с небольшим увеличением в размерах, обеспечивающим минимальные зазоры между знаковыми частями стержня и модели (рис. 9).

Размеры знаковых частей стержня и модели назначают без учета усадки.

При определении величин технологических зазоров S_1 , S_2 и S_3 между знаками формы и стержня следует учитывать класс точности модельного комплекта, материал, из которого он изготовлен, габарит стержня и вид формовки.

Значения технологических зазоров S_1 и S_2 должны соответствовать указанным:

- для модельного комплекта 1 и 3 классов точности, изготовленного из металла и пластмассы – в таблице 9;
- для модельного комплекта 7–9 классов точности, изготовленного из металла, пластмассы и 1–3 классов точности, изготовленного из дерева – в таблице 10;
- для модельного комплекта 4–6 классов точности, изготовленного из дерева – в таблице 11;
- для модельного комплекта 7–9 классов точности, изготовленного из дерева – в таблице 12.

Значение зазора $S_3 = 1,5S_1$.

Класс точности модельного комплекта назначается в зависимости от класса точности размеров отливки. В соответствии с ГОСТ 3212-92 установлены 9 классов точности модельных комплектов. **Меньшее значение** выбирается для простых по форме заготовок, изготавливаемых в

массовом автоматизированном производстве, **большее значение** – для сложных заготовок единичного и мелкосерийного производства.

В таблице 8 приведена зависимость классов точности размеров модельных комплектов от классов точности размеров отливок.

Таблица 8 – Взаимосвязь классов точности размеров модельных комплектов с классами точности размеров отливок

Класс точности размеров отливки по ГОСТ Р 53464-2009	4, 5т	5, 6	7, 7т	8, 9т	9, 10	11т, 11	12, 13т	13, 14	15, 16
Класс точности размеров модельного комплекта по ГОСТ 3212-92	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Для изготовления моделей используются различные материалы.

В условиях единичного (индивидуального) и мелкосерийного производства при годовой программе выпуска отливок до 500 шт. модели изготавливаются из древесины (класс точности отливок – 10).

В условиях массового производства при годовой программе выпуска отливок свыше 10000 шт. модели изготавливаются из стали, серого чугуна, алюминиевого сплава, пластмассы (класс точности отливок – 8).

Таблица 9 – Зазоры между знаками модели (формы) и стержня для модельного комплекта 1 и 3 классов точности, изготовленного из металла и пластмассы

Высота знака h или h_1 , мм, мм	Зазоры S_1 (S_2) при длине стержня L , мм								
	до 40	41-63	64-100	101-160	161-250	251-400	401-630	631-1000	1001-1600
до 25	0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
26-40	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0
41-63									
64-100		0,4		0,5	0,6		1,1		
101-160									
161-250	0,4	0,5		0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
251-400									
401-630	0,5	0,6		0,7		0,7	0,9	1,0	1,2
631-1000									
1001-1600	0,6	0,7		0,8		0,9	1,0	1,1	1,3
	(0,3)	(0,4)		(0,5)	(0,6)		(0,8)	(1,0)	(1,4)

Таблица 10 – Зазоры между знаками модели (формы) и стержня для модельного комплекта 7–9 классов точности, изготовленного из металла, пластмассы и 1–3 классов точности, изготовленного из дерева

Высота знака h или h_1 , мм, мм	Зазоры S_1 (S_2) при длине стержня L , мм										
	до 40	41-63	64-100	101-160	161-250	251-400	401-630	631-1000	1001-1600		
до 25	0,3	0,4		0,5	0,6	0,7		1,1	1,4		
26-40	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,3	1,6		
41-63	0,5	0,6		0,7	0,8	0,9				1,0	
64-100											
101-160	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7		
161-250									0,8	0,9	1,0
251-400			1,2								
401-630	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,6	1,9		
631-1000	0,8	0,9		1,0	1,1	1,2	1,3	1,7	2,1		
1001-1600	0,9	1,0			1,3		1,5	1,9	2,3		
	(0,5)	(0,6)	(0,7)	(0,8)	(0,9)	(1,0)	(1,3)	(1,7)	(2,3)		

Таблица 11 – Зазоры между знаками модели (формы) и стержня для модельного комплекта 4–6 классов точности, изготовленного из дерева

Высота знака h или h_1 , мм, мм	Зазоры S_1 (S_2) при длине стержня L , мм								
	до 40	41-63	64-100	101-160	161-250	251-400	401-630	631-1000	1001-1600
до 25	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,7	2,3
26-40	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,5
41-63	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2			1,5	1,7
64-100						0,9	1,0		
101-160	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2,3	2,9
161-250	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4				
251-400	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0	2,6	3,8
401-630	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	2,2	2,8	
631-1000	1,4		1,6	1,7	1,8	2,2	2,5	3,8	
1001-1600	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,8	3,8
	(0,8)	(0,9)	(1,1)	(1,2)	(1,4)	(2,1)	(2,7)	(3,6)	(5,1)

Таблица 12 – Зазоры между знаками модели (формы) и стержня для модельного комплекта 7–9 классов точности, изготовленного из дерева

Высота знака h или h_1 , мм, мм	Зазоры S_1 (S_3) при длине стержня L , мм								
	до 40	41-63	64-100	101-160	161-250	251-400	401-630	631-1000	1001-1600
до 25	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2,1	2,7	3,5
26-40	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1	2,5	3,0	4,0
41-63	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2	2,6		
64-100		1,5		1,8	2,0				
101-160	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7		
161-250	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,4	4,3
251-400	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,6	3,0		4,4
401-630	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	3,2	3,6	4,6
631-1000	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,4	3,8	4,8
1001-1600	2,4	2,5	2,8		3,3		3,8	4,3	5,3
	(1,2)	(1,5)	(1,7)	(2,0)	(2,3)	(2,7)	(3,3)	(4,3)	(5,7)

7. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ

После назначения припусков на механическую обработку можно приступить к оформлению чертежа отливки (рис. 10), отличающегося от чертежа детали следующим:

- размеры отливки включают припуски на механическую обработку, которые указываются как разница между контуром отливки (сплошной контурной линией) и контуром детали (сплошной тонкой линией);

- на чертеже отливки указывается выбранная плоскость разъема, отливка ориентируется на чертеже в соответствии с выбранной плоскостью разъема;

- все наружные и внутренние углы в отливке должны иметь закругление (галтели). Они предупреждают осыпание формовочной смеси при извлечении модели и способствуют предупреждению дополнительных напряжений в отливке. Радиус закруглений для мелких отливок составляет 1–3 мм. В общем случае, радиус галтели R рассчитывают по соотношению:

$$R = \frac{a+b}{2} \cdot k,$$

где a и b – толщины сопрягаемых стенок отливки; k – коэффициент, принимаемый равным

$$k = \frac{1}{3} \text{ при } \frac{h_1+h_2}{2} < 50 \text{ (мм)}, k = \frac{1}{5} \text{ при } \frac{h_1+h_2}{2} > 50 \text{ (мм)}.$$

Не предусматриваются закругления по кромкам отливок, примыкающим к плоскости разъема и к стержневым знакам, так как выполнение галтелей в этих случаях усложняет литейную технологию;

– обязательными элементами конструкции отливок являются формовочные (литейные) уклоны. Эти уклоны переносятся на отливку через форму от модели.

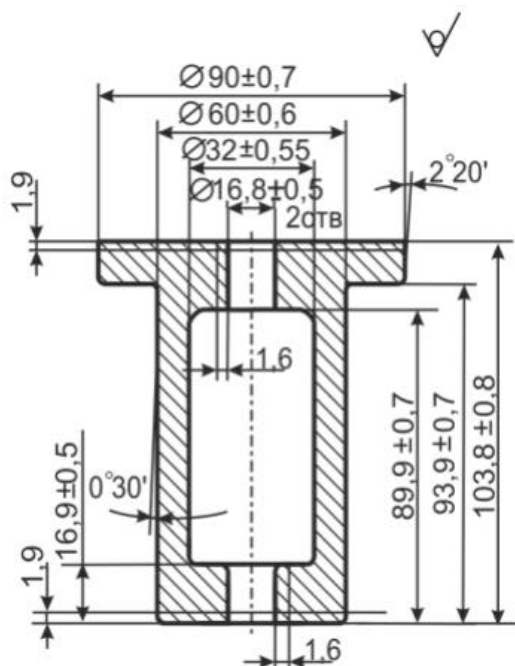


Рисунок 10 – Чертеж отливки (с припусками на механическую обработку)

Размеры на чертеже отливки проставляются вместе с предельными отклонениями по ГОСТ Р 53464-2009; величина предельных отклонений назначается в зависимости от допуска номинального размера, определяемого классом точности размеров отливки (табл. 2).

Рекомендуются симметричные предельные отклонения размеров отливок. Например, на чертеже детали проставлен размер 92 (мм), на чертеже отливки этот размер увеличен на величину припуска – 1,9 мм (п. 6.1), его значение – 93,9 (мм); для размера 93,9 мм 8-го класса точности размеров дается допуск 1,4 мм (табл. 2). В симметричном варианте его можно записать $93,9 \pm 0,7$ мм. Это означает, что при приемке годными будут те отливки, у которых данный размер будет иметь максимальное значение: $93,9 + 0,7 = 94,6$ мм, а минимальное: $93,9 - 0,7 = 93,2$ мм. Вне этих предельных значений отливки будут забракованы.

Аналогично, у других размеров отливки (рис. 10) проставлены размеры с симметричным вариантом простановки допуска.

8. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА СТЕРЖНЯ

Стержни состоят из основной (профилирующей) части, воспроизводящей внутренний контур отливки, и знаков, являющихся опорными частями стержня.

Размеры основной части стержня, например, длина L (рис. 11), определяются размерами отливки с поправкой (увеличением) на величину усадки (табл. 13).

Таблица 13 – Рекомендуемые значения литейной усадки сплавов для отливок различной сложности и размеров

Материал	Характеристика отливок	Основные размеры отливки, мм		Литейная усадка, %
		толщина стенки	длина	
Углеродистая сталь	Простые (без стержней)	30–100	До 500	2,0
		Более 100	500–2000	1,8
	Средней сложности (с ребрами, выступами, полостями, выполненными стержнями)	30–100	500–3000	1,5
		Более 100	5000–6500	1,2
		30–65	5000–6500	0,9
		65–100	6500–10000	0,8
		65–100	Более 10000	0,7
	Сложные типы решеток	20–40	До 2000	0,8
		20–40	2000–6000	0,5
		30–50	10000–15000	0,3
Серый чугун	Простые (без стержня)	20–40	До 500	1,0
		50–100	500–1000	0,9
		Более 100	Более 1000	0,7–0,8
	Сложные коробчатой формы	20–65	До 500	0,8–0,9
		20–65	Более 500	0,5–0,7
Медные сплавы	Простые	До 20	До 100	1,2–1,5
	Сложные	20–40	Более 100	1,0–1,3
Алюминиевые сплавы	Простые	До 15	До 100	1,4–1,6
	Сложные	15–35	Более 100	0,8–1,2

По таблице 13 назначаем коэффициент усадки $k_{yc} = 1 \%$ для материала отливки – серого чугуна. Определим для размера основной части стержня $L = 103,8$ мм длину стержня с учетом усадки L_{yc} :

$$L_{yc} = L + L_{yc} \cdot \frac{k_{yc}}{100} = 103,8 + 103,8 \cdot \frac{1}{100} = 104,9 \text{ 9 (мм)}.$$

Аналогично получены размеры диаметров 17 мм и 32,3 мм, длины 149,5 мм, 17,1 мм и другие.

Размеры и конфигурацию знаковых частей стержней назначают по ГОСТ 3212-92, без учета усадки.

Предельные отклонения размеров стержней условно соответствуют предельным отклонениям стержневых ящиков; на чертеже стержня они не указываются.

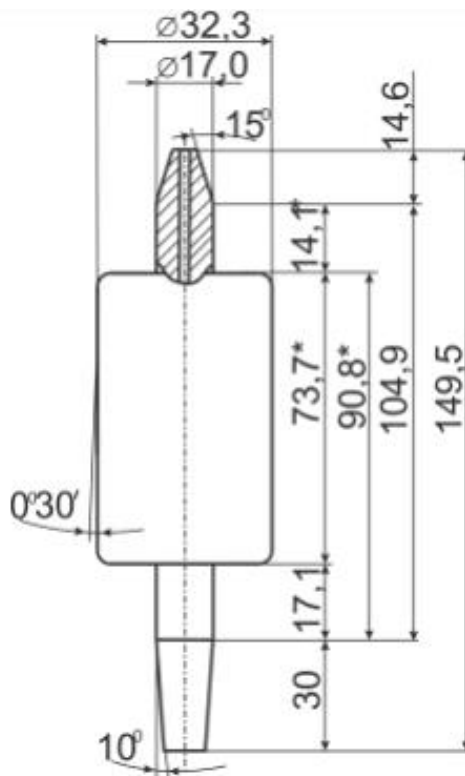


Рисунок 11 – Чертеж стержня (* – размеры для справок)

9. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА МОДЕЛИ

Модель и стержневые ящики являются основными элементами технологической оснастки для изготовления отливок в разовых формах. При формовке очертания рабочей поверхности стержневых ящиков и модели негативно переносятся на литейную форму. Обычно модели изготавливаются разъемными. Это облегчает процесс формовки и позволяет производить его одновременно по двум полумоделям, т. е. двумя формовочными машинами. Линия разъема модели указывается основной линией.

При проектировании модели учитывают: количество изготавливаемых отливок, принятую технологию формовки. Форма модели является наружной копией будущей отливки. Для изготовления моделей используются различные материалы, в зависимости от программы выпуска отливок (табл. 9).

Все размеры моделей (рис. 12) должны быть больше соответствующих размеров отливки на величину линейной усадки сплава (табл. 13).

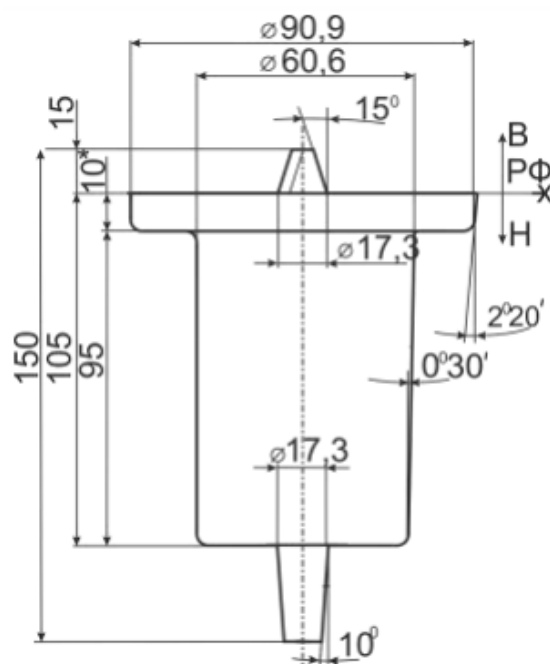


Рисунок 12 – Чертеж модели

Модели отливок, внутренние или наружные полости которых образуются стержнями, имеют соответствующие знаки, по которым в форме отпечатываются углубления для установки стержней. Размеры знаков на моделях назначаются без учета усадки.

Конфигурация и размеры знаков на моделях должны быть согласованы со знаковыми частями стержней. Прежде всего знаки на моделях являются охватываемыми по отношению к знакам стержней, так как при сборке форм в нее знаковые углубления входят знаки стержней. Величина зазоров между формой и стержнем в знаковой части определяется по ГОСТ 3212-92 (табл. 9–12, рис. 9). Зазоры S_1 и S_3 облегчают установку верхней опоки на нижнюю (с установленным на нее стержнем), а зазор S_2 устраняет возможность силового взаимодействия стержня и формы, которое может вызвать разрушение последней. Модели и стержневые ящики изготавливаются в соответствии с классом точности размеров отливки.

Деревянные модели и стержневые ящики окрашиваются для предупреждения загнивания дерева и уменьшения адгезии формовочных и стержневых смесей. Для каждого металла применяется своя расцветка модельного комплекта: модели для стальных отливок окрашиваются в синий цвет, а чугунных – в красный. Рабочие поверхности металлических моделей и стержневых ящиков не окрашиваются.

10. РАСЧЕТ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Литниковая система представляет собой совокупность каналов, предназначенных для подвода металла к полости формы, а также для

улавливания неметаллических включений, шлака и выхода газа, вытесняемого из рабочей полости при заполнении ее расплавом. Простейшая литниковая система состоит из следующих элементов: чаши, стояка, шлакоуловителя, питателя и выпоров.

Стояк и выпор обычно имеет форму усеченного конуса с уклоном 3–5°; шлакоуловители и питатели в поперечном сечении имеют вид трапеции (рис. 9, 10): для питателей отношение высоты трапеции к большому основанию равно 0,5–0,6, а шлакоуловителей – 1,0–1,1. Разница между малым и большим основанием трапеции – 1–2 мм (для создания формовочных уклонов). При формовке модель шлакоуловителя располагается в верхней полуформе, а питателя – в нижней с учетом возможности извлечения их из формы. Обычно при производстве чугунных отливок питатели подводятся к тонким необрабатываемым стенкам отливок. На рисунке 13 дан общий вид литниковой системы для проектируемой формы на 4 отливки.

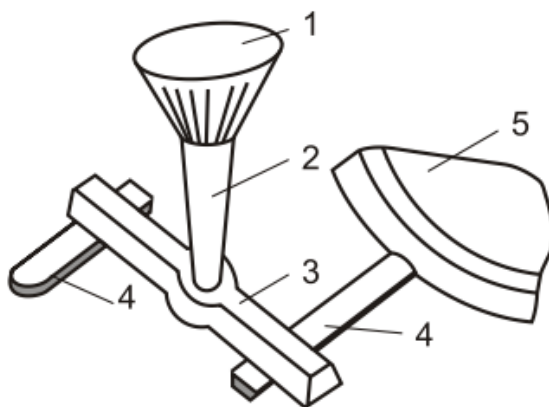


Рисунок 13 – Общий вид литниковой системы: 1 – чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатели; 5 – отливка

Расчет литниковой системы сводится к определению площади поперечных сечений элементов литниковой системы. Для приближенного расчета можно использовать следующее соотношение:

$$\sum F_{\text{п}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,15,$$

где $F_{\text{п}}$, $F_{\text{шл}}$ и $F_{\text{ст}}$ – соответственно площади поперечных сечений одного питателя, шлакоуловителя и стояка.

На рисунке 14 приведены поперечные сечения элементов литниковой системы.

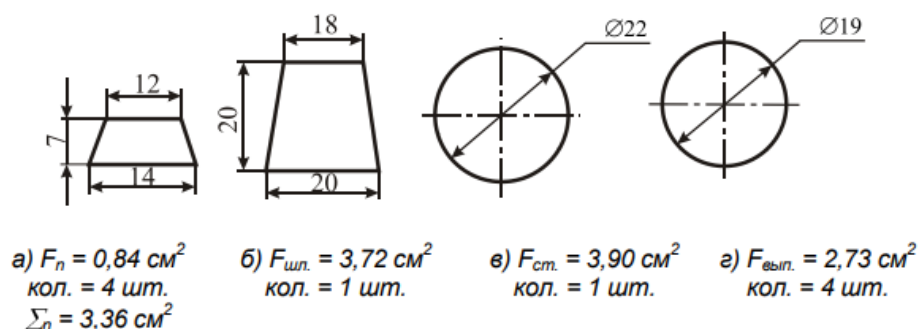


Рисунок 14 – Поперечное сечение элементов литниковой системы:
а – питатель; б – шлакоуловитель; в – стояк; г – выпор

$$\Sigma F_{\Pi} = nF_{\Pi},$$

где n – число питателей, отходящих от одного шлакоуловителя, равное обычно числу отливок в форме; $n = 4$.

Определяющим элементом является питатель, площадь поперечного сечения которого определяется по эмпирической формуле

$$F_{\Pi} = C\sqrt{Q},$$

где C – коэффициент, зависящий от преобладающей толщины стенок отливки (табл. 14); Q – масса отливки в кг.

Таблица 14 – Значение коэффициента C для отливок из серого чугуна

Преобладающая толщина стенок отливки, мм	Коэффициент C
до 6	0,9
7–8	0,8
9–15	0,65
16–30	0,55
св. 30	0,5

Масса отливки определяется по массе детали с прибавлением 5–15 % на массу стружки, снимаемой при механической обработке. Рекомендуется увеличивать массу отливки на 5 % в первом варианте и на 10 % – во втором варианте по сравнению с массой детали.

При массе отливки 1,65 кг с преобладающей толщиной ее стенок 10 мм коэффициент $C = 0,65$; площади поперечных сечений элементов литниковой системы будут равны:

$$\begin{aligned} F_{\Pi} &= 0,65 \sqrt{1,65} \approx 0,84 \text{ (см}^2\text{)}; \\ F_{\text{шл}} &= 0,84 \cdot 4 \cdot 1,1 \approx 3,72 \text{ (см}^2\text{)}; \\ F_{\text{ст}} &= 0,84 \cdot 4 \cdot 1,15 \approx 3,9 \text{ (см}^2\text{)}. \end{aligned}$$

Площадь поперечного сечения выпора $F_{\text{вып}}$ находится в следующей зависимости от $F_{\text{ст}}$:

$$\begin{aligned} F_{\text{вып}} &= (0,6 \dots 0,8) F_{\text{ст}}; \\ F_{\text{вып}} &= 0,7 F_{\text{ст}} = 0,7 \cdot 3,9 \approx 2,73 \text{ (см}^2\text{)}. \end{aligned}$$

При необходимости допускается местное расширение шлакоуловителя против расчетного значения в месте установки стояка (рис. 13).

Поперечное сечение элементов литниковой системы выполняют в масштабе (предпочтительно 1:1) сплошной линией с указанием размеров (рис. 14); сечения не штрихуются.

11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Расположение отливок (либо отпечатков моделей) в форме удобно изобразить в плане. Обычно с целью повышения производительности труда одновременно в форме располагаются несколько отливок (в данной работе рекомендуется: для I варианта – 4 отливки; для II варианта – 2 отливки). Размеры форм, а, следовательно, и опок, подбираются с учетом количества и размеров отливок и допустимых расстояний между отливками и стенками опок. Размеры опок выбираются по ГОСТ 2133-75 (табл. 15); произвольные размеры опок не допускаются.

Таблица 15 – Размеры прямоугольных опок

Длина опоки, мм	Ширина опоки, мм											
	250	300	350	400	450	500	560	600	630	710	750	800
260	+	+										
300	+	+	+									
400	+	+	+	+								
450	+	+	+	+	+							
500	+	+	+	+	+	+						
560	+	+	+	+	+	+	+					
600	+	+	+	+	+	+	+	+				
630	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
710	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
750	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
900	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: рекомендуемые размеры отмечены знаком «+».

Помимо расположения отливок в плане следует указать также расположение элементов литниковой системы. При выборе размеров опок учитываются следующие рекомендации: расстояние от стенок опок до модели или шлакоуловителя, расстояние между отливками, а также между отливками и шлакоуловителями должно быть не менее 30 мм и не более 60 мм. Примерная схема расположения отливок приведена на рисунке 13. Расположение элементов в литейной форме определяется размерными цепями по длине и ширине опоки. Все размеры в форме (рис. 14) являются справочными и приводятся без указания предельных отклонений.

Сечение литейной формы (рис. 15, А – А) обычно производится через центральный стержень. Плоскость сечения указывается на плане формы.

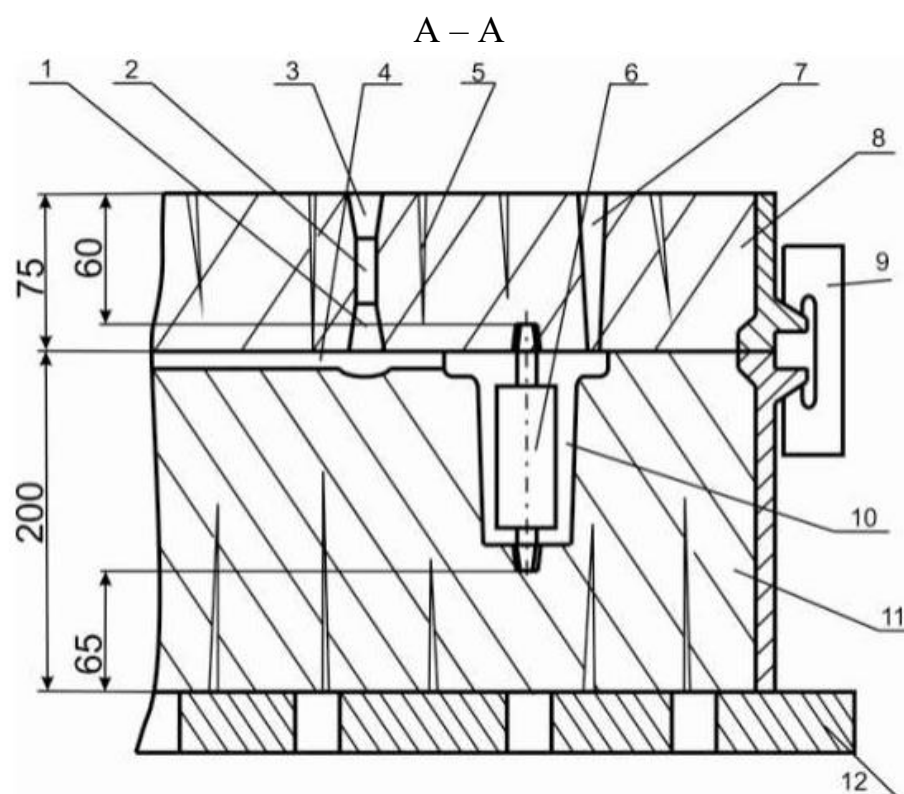
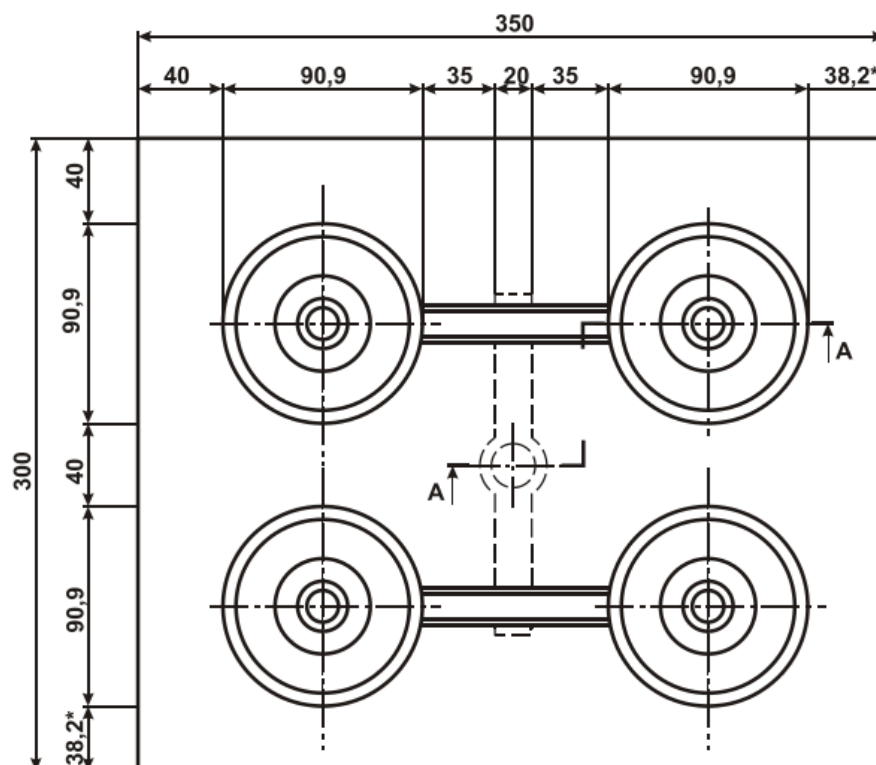


Рисунок 15 – Расположение отливок (моделей) в нижней полуформе и сечение литейной формы А – А: 1 – шлакоуловитель; 2 – стояк; 3 – литниковая чаша; 4 – питатель; 5 – вентиляционный канал формы; 6 – стержень; 7 – выпор; 8 – верхняя полуформа; 9 – скоба; 10 – полость формы; 11 – нижняя полуформа; 12 – конвейерная плита

Опока по высоте должна быть не менее, чем на 50 мм выше полумоделей. Высота опок по ГОСТ 2133-75 изменяется через 25 мм (т. е. 50; 75; 100 мм и т. д.), а при высоте опоки свыше 200 мм – через 50 мм. Штриховка стержней и форм производится по ГОСТ 3.1125-88.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2009-12-09 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 45 с.
2. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров: межгосударственный стандарт: дата введения 1993-07-01 / Комитет стандартизации и метрологии СССР. – Изд. официальное. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1992, 2004. – 15 с.
3. Воронов, Д. Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства: учебно-методическое пособие / Д. Ю. Воронов, В. М. Боровков, И. В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2018. – 203 с. – ISBN 978-5-8259-1254-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032>.
4. Гетьман, А. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов / А. А. Гетьман. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 492 с. – ISBN 978-5-507-50509-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/441662>.
5. Кондаков, А. И. Выбор заготовок в машиностроении: справочник / А. И. Кондаков, А. С. Васильев. – Москва: Машиностроение, 2007. – 560 с. – ISBN 978-5-217-03382-9. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/770>.
6. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления: учебное пособие. [Текст] / Е. А. Чернышов, А. И. Евстигнеев, А. А. Евлампиев. – 2-е изд., испр. – Москва: Машиностроение, 2023. – 282 с. – ISBN 978-5-907523-32-6.
7. Литейные процессы: учебное пособие / А. И. Батышев, В. Д. Белов, С. В. Лактионов [и др.]; под общей редакцией В. Д. Белова. – Москва: МИСИС, 2019. – 290 с. – ISBN 5-907226-01-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/128988>.
8. Сироткин, С. А. Технология литейного производства. Технология литья в песчаные формы: учебно-методическое пособие / С. А. Сироткин, В. А. Горбунов. – Москва: МИСИС, 2019. – 96 с. – ISBN 978-5-87623-974-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/129058>.
9. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов [Текст] / Ю. П. Солнцев, Б. С. Ермаков, В. Ю. Пирайнен [и др.]. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2020. – 504 с. – ISBN 078-5-93808-347-0.
10. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов [Текст] / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, А. Ф. Вязов [и др.]; Под. ред. А. М. Дальского. – 6-е изд., испр. –

Москва: Машиностроение, 2005. – 592 с. – ISBN 978-5-217-03311-9.

11. Технология литейного производства. Литейные материалы для изготовления песчаных форм и стержней: учебник / Е. А. Чернышов, А. А. Евлампиев, А. И. Евстигнеев [и др.]; под общей редакцией Е. А. Чернышова. – 2-е изд., испр. – Москва: Машиностроение, 2023. – 360 с. – ISBN 978-5-907523-52-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387545>.
12. Технология литейного производства. Литье в песчаные формы: учебник для вузов [Текст] / А. П. Трухов, Ю. А. Сорокин, М. Ю. Ершов [и др.]; Под ред. А. П. Трухова. – Москва: Издательский центр «Академия», 2005. – 523 с. – ISBN 5-7695-1757-3.
13. Проектирование технологии изготовления крупногабаритных стальных отливок типа зубчатое колесо / В. В. Назаратин, А. Н. Мальгинов, В. А. Лебедева // Литейное производство. – 2009. – № 7. – С. 24 – 27. – УДК 621.74.002.6.
14. Чернышов, Е. А. Литейные технологии. Основы проектирования в примерах и задачах: учебное пособие / Е. А. Чернышов, В. И. Панышин. – 4-е изд., испр. – Москва: Машиностроение, 2023. – 288 с. – ISBN 978-5-907523-53-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387548>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Институт технологии

Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Технология конструкционных материалов»

на тему:

**Разработка технологического процесса изготовления отливки ... в разовой
песчано-глинистой форме**

Вариант №

Выполнил _____ студент группы _____
(фамилия, имя, отчество)

Проверил _____
(должность, фамилия, имя, отчество)

Санкт-Петербург

2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Институт технологии

Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

студенту группы _____
(номер группы) (фамилия, имя, отчество)

1. Тема работы: _____

2. № варианта _____

3. Срок сдачи студентом законченной работы _____

4. Исходные данные к работе: _____

5. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов): введение, основная часть (раскрывается структура основной части), заключение, список использованных источников, приложения.

Примерный объем пояснительной записки ____ страниц печатного текста.

6. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей) _____

7. Дата получения задания: « ____ » _____ 20 ____ г.

Руководитель _____
(подпись) (фамилия, инициалы)

Задание принял к исполнению _____
(подпись студента) (фамилия, инициалы) (дата)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. АНАЛИЗ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ.....	5
2. ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ ОТЛИВКИ.....	6
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОТЛИВКИ.....	7
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	17
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	18

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

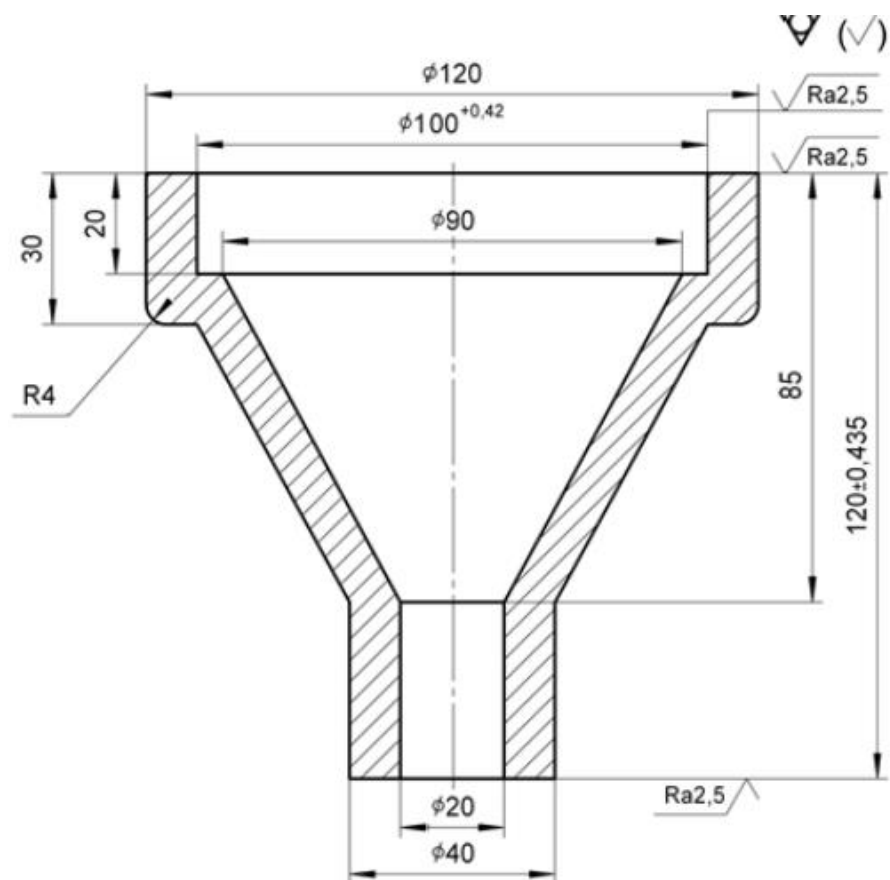
1. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов [Текст] / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, А. Ф. Вязов [и др.]; Под. ред. А. М. Дальского. – 6-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2005. – 592 с. – ISBN 978-5-217-03311-9.
2. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: учебник для вузов [Текст] /А. П. Трухов, Ю. А. Сорокин, М. Ю. Ершов [и др.]; Под ред. А. П. Трухова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 523 с. – ISBN 5-7695-1757-3.
3. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления: учебное пособие. [Текст] / Е. А. Чернышов, А. И. Евстигнеев, А. А. Евлампиев. – 2-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2023. – 282 с. – ISBN 978-5-907523-32-6.

Таблица 1 – Карта типового технологического процесса литья в песчано-глинистые формы (ГОСТ 3.1401-74 Форма 1)

Инв. № подл	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. №	Подпись и дата							По ГОСТ 3.1103-74
Наименование предприятия		КТТП (Карта типового технологического процесса литья)			(Код детали)	.5021....00002					
					(Наименование детали)	Литера					
Номер		Наименование и содержание операции			Оборудование (код, наименование)	Приспособления, инструмент (код, наименование)	Особые указания				
цеха	операции										
1	1	Изготовление модельно-опочного комплекта			Металлообрабатывающие станки	Усадочный метр Режущий инструмент	Класс точности отливки 8				
2	2	Приготовление формовочных и стержневых смесей			Бегуны мод. 116 М	Дозаторы	Контроль по ТУ				
3	3	Изготовление стержней			Стержневая машина	Стержневой ящик	Контроль по ТУ				
3	4	Изготовление и сборка форм			Формовочная машина, конвейер	Подъемник	Груз 20 кг				
4	5	Плавка чугуна			Вагранка Q=4т	Ковш Q=0,2т	Шихта №2				
4	6	Заливка форм чугуном			Конвейер	Подъемник	$T_{\text{зал}} = 1350^{\circ}\text{C}$				
4	7	Охлаждение форм			- “ -		$\tau = 30 \text{ мин}$				
5	8	Выбивка отливки из формы			Выбивные решетки						
6	9	Обрубка литников и выбивка стержней			Обруб. станки	Зубило, молоток					
6	10	Очистка отливки			Галтовочный барабан мод. 06-900		Контроль по ТУ				
6	11	Термообработка			Термопечи	Термопары	Контроль по ТУ				
6	12	Контроль качества, грунтовка и окраска			Разбраковочный стол	Измерительные приборы, твердомер	Контроль по ТУ				

Варианты заданий

Варианты 1, 2



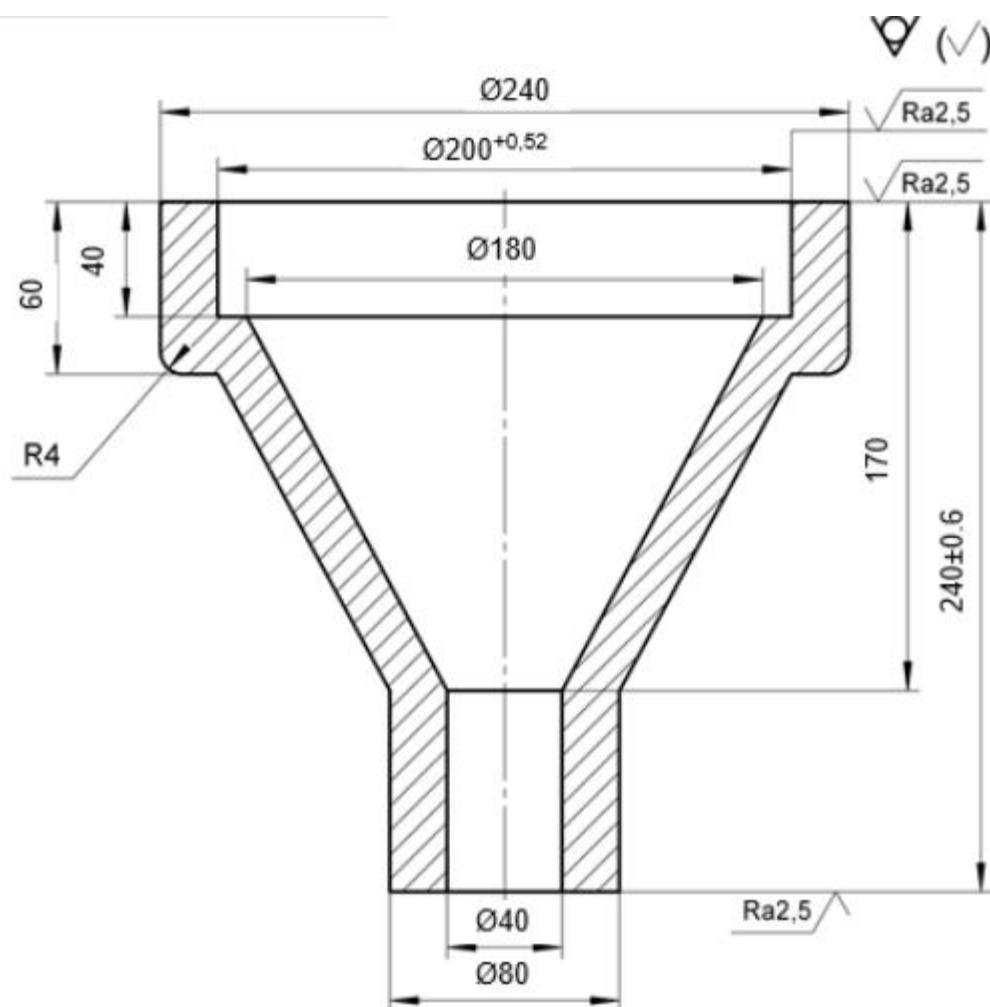
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 8 - 4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Насадка

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 3, 4



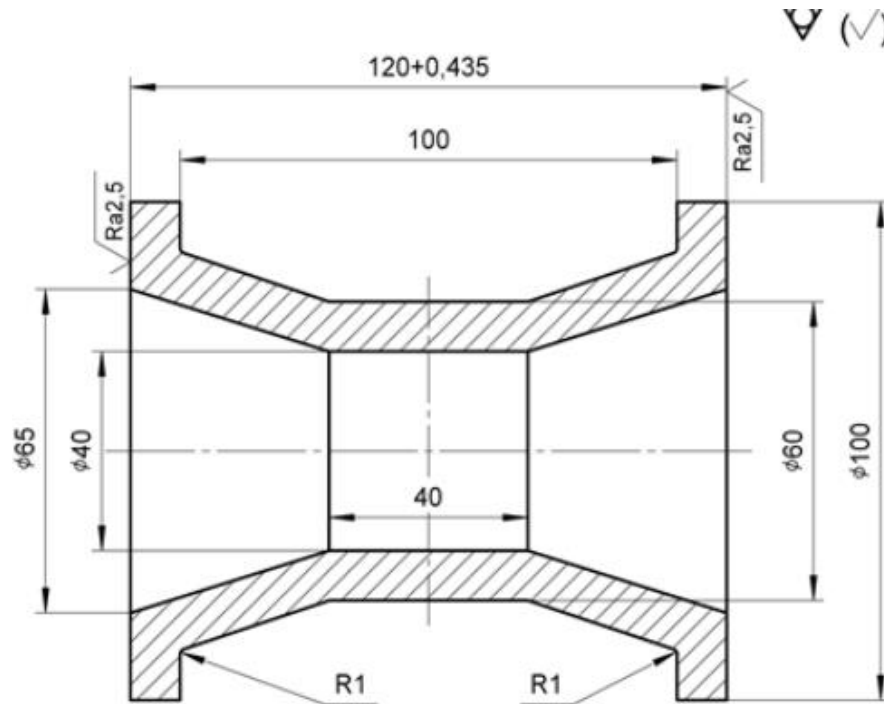
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 10 - 5

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Насадка

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 5, 6



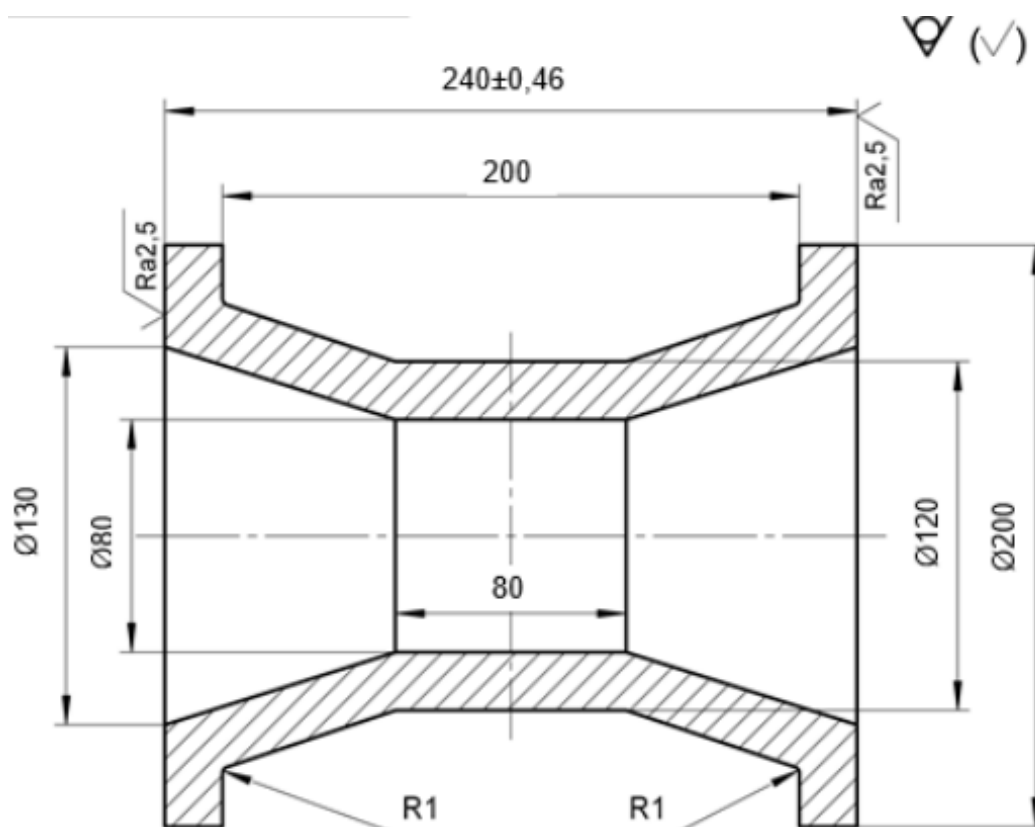
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий-Н14, валов-н14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 8-4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Патрубок

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 7, 8

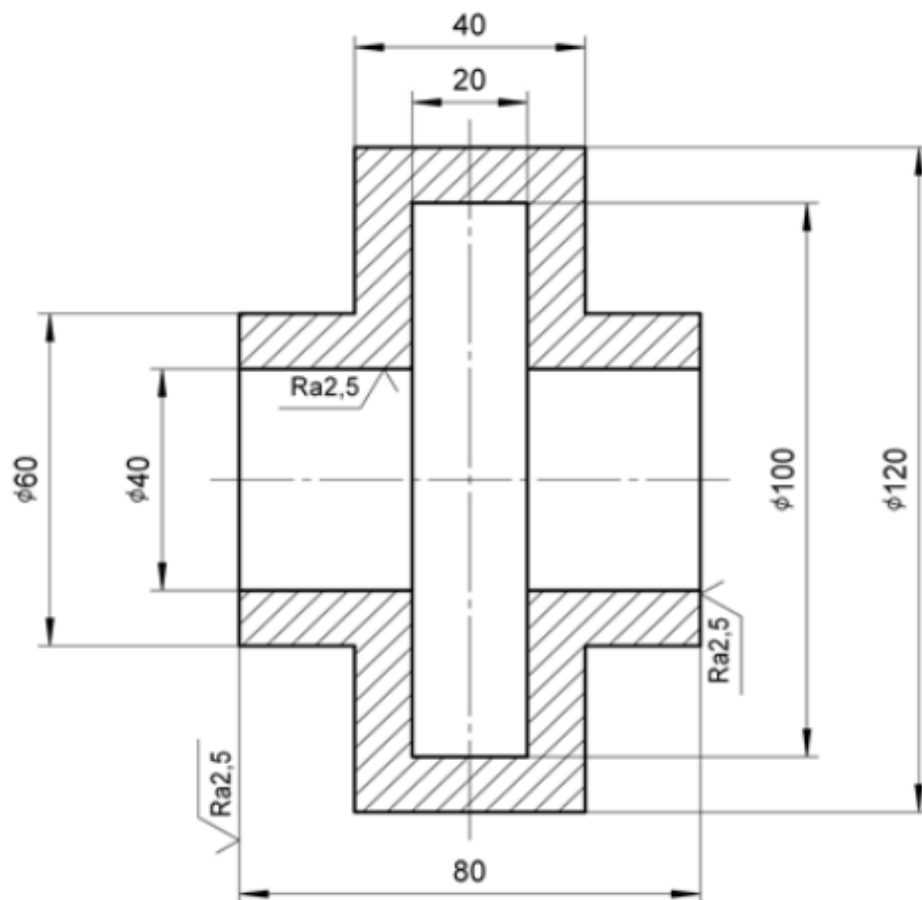
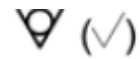


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 10-4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Патрубок
СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 9, 10



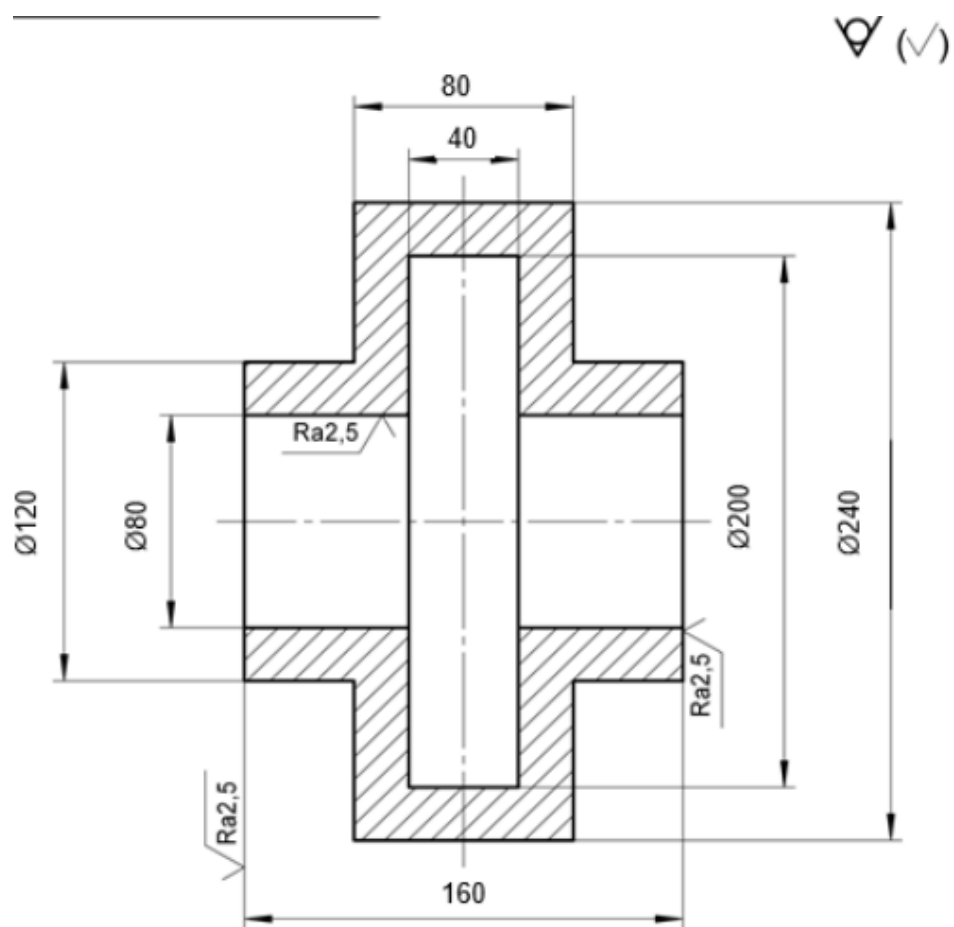
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов-h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 8-5

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Каток

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 11, 12



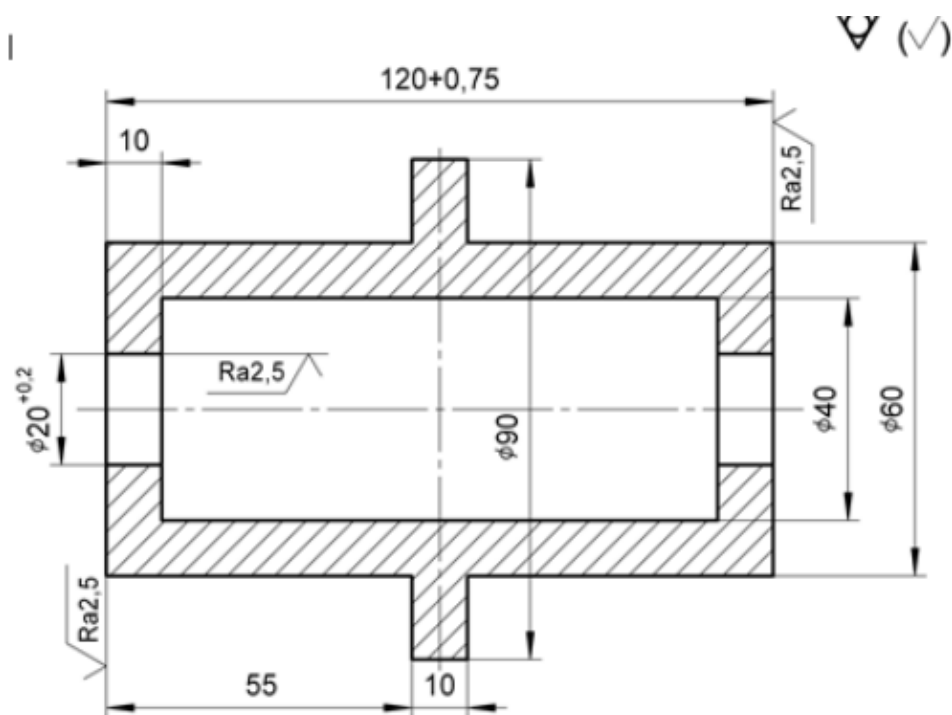
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- $H14$, валов- $h14$, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 10-6

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Каток

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 13, 14

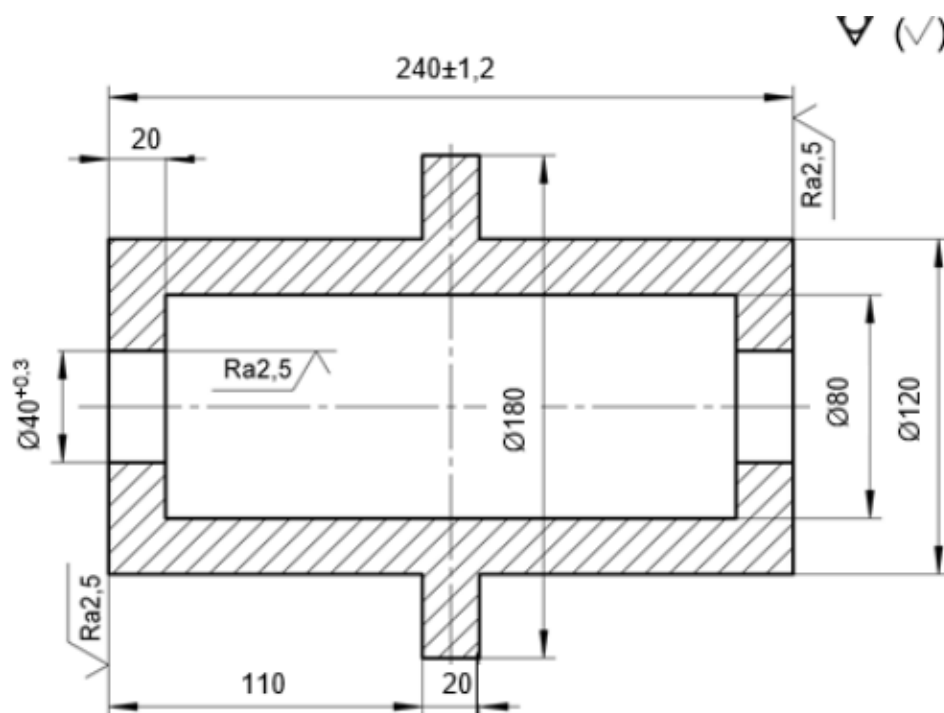


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку для детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки – 8-4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Втулка
СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 15, 16



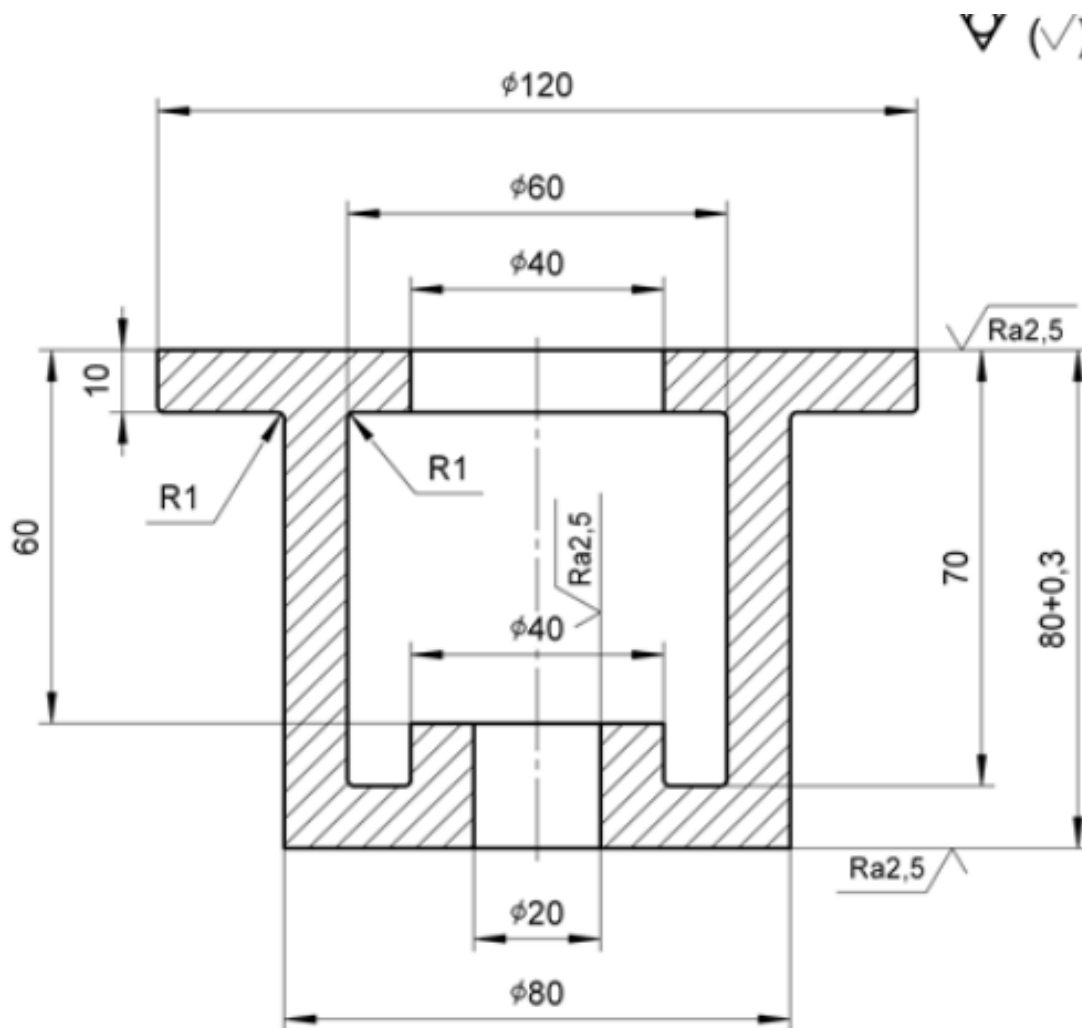
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов-h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку для детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки – 10-5

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Втулка

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 17, 18

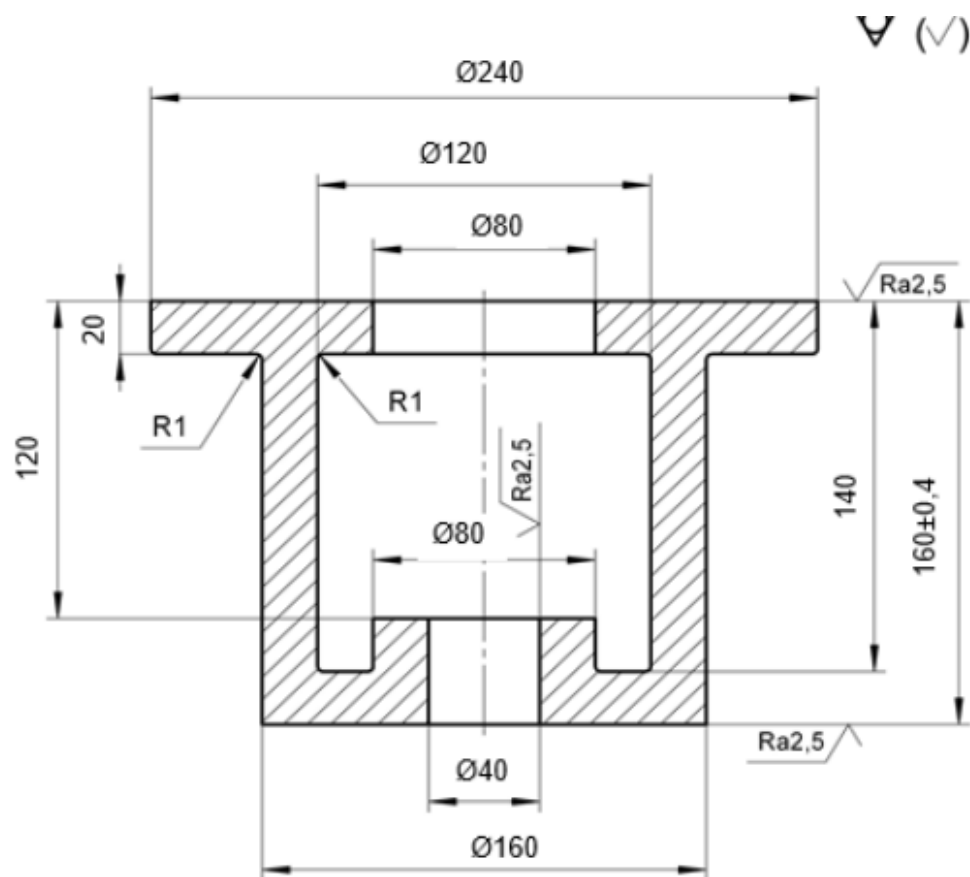


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов-h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку для детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки – 8 -5

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Корпус
СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 19, 20

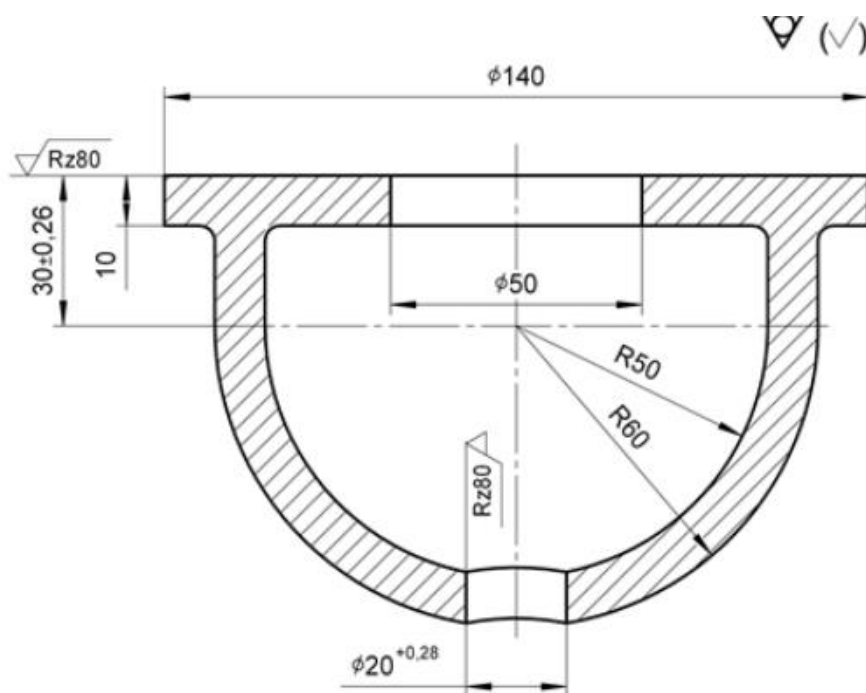


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- $H14$, валов- $h14$, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку для детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки – 9 -4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Корпус
СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 21, 22



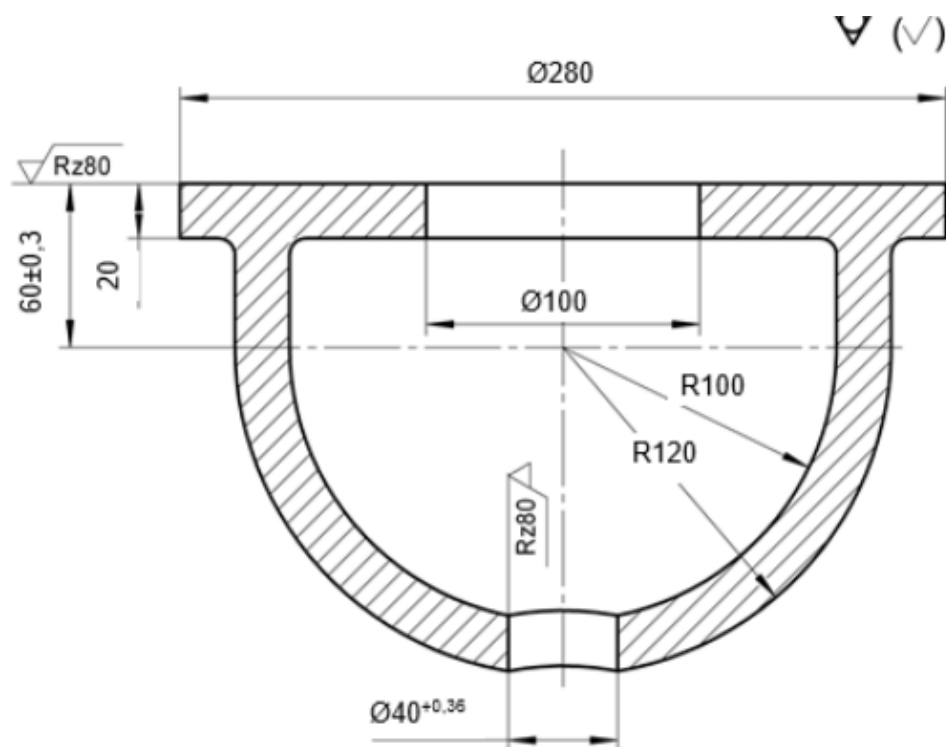
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- $H14$, валов- $h14$, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 8 – 4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Крышка

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 23, 24



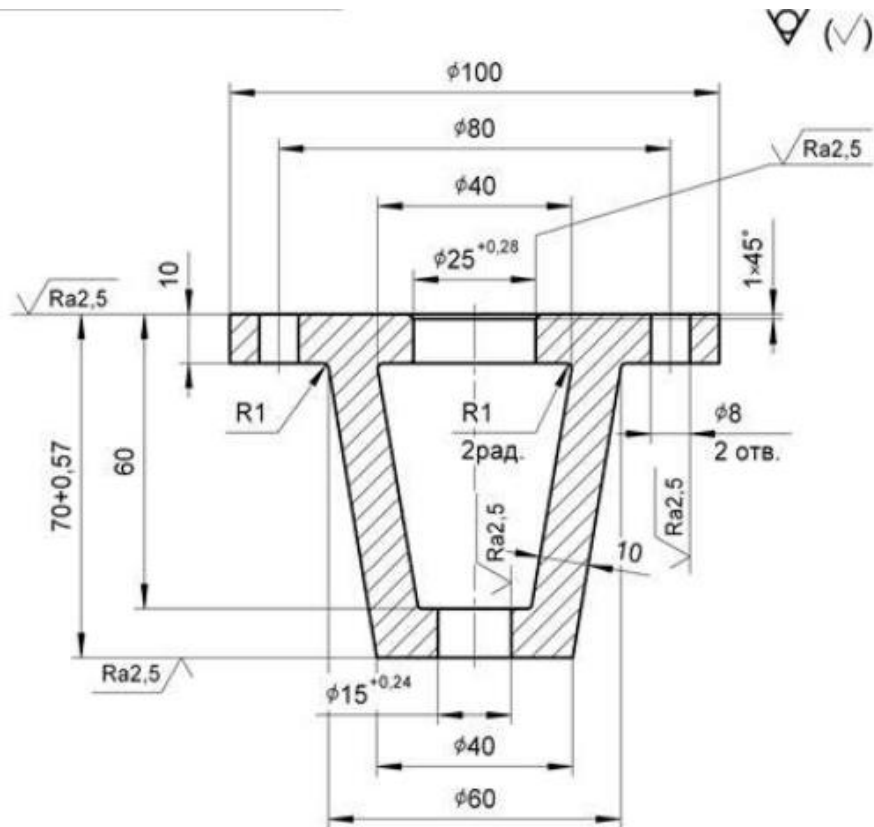
1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 9 – 4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Крышка

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 25, 26

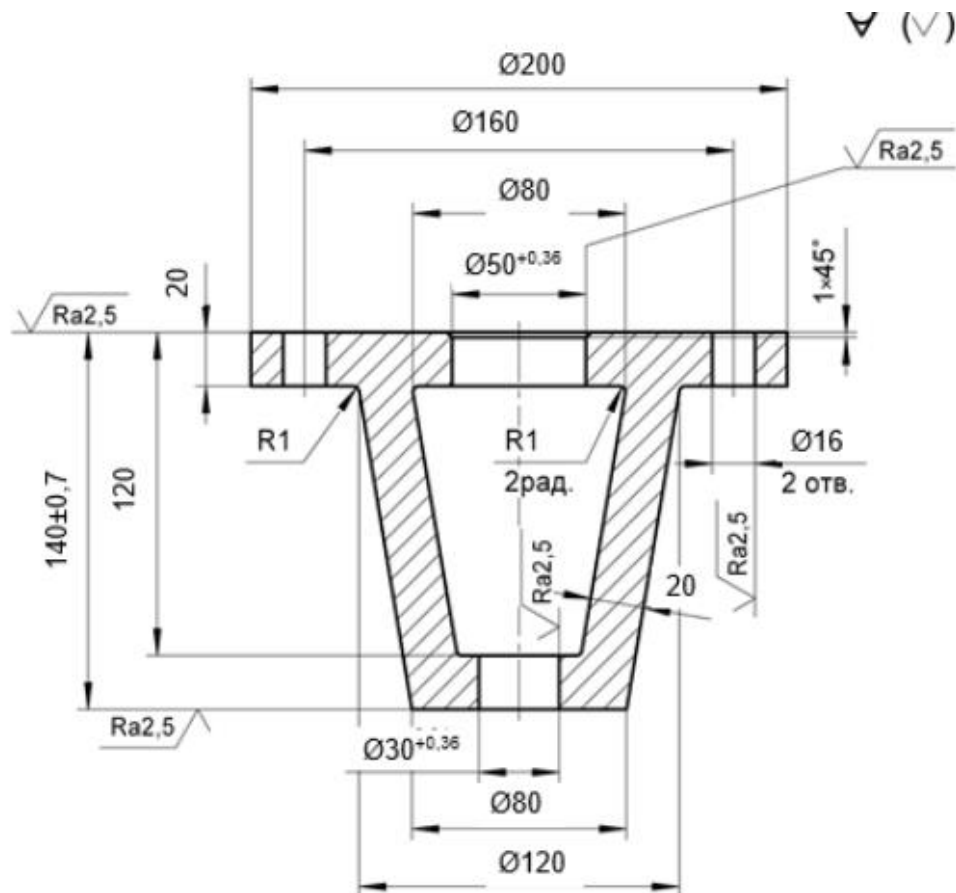


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья песчаные в формы.
3. Точность отливки 8 – 5

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Переходник
СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 27, 28

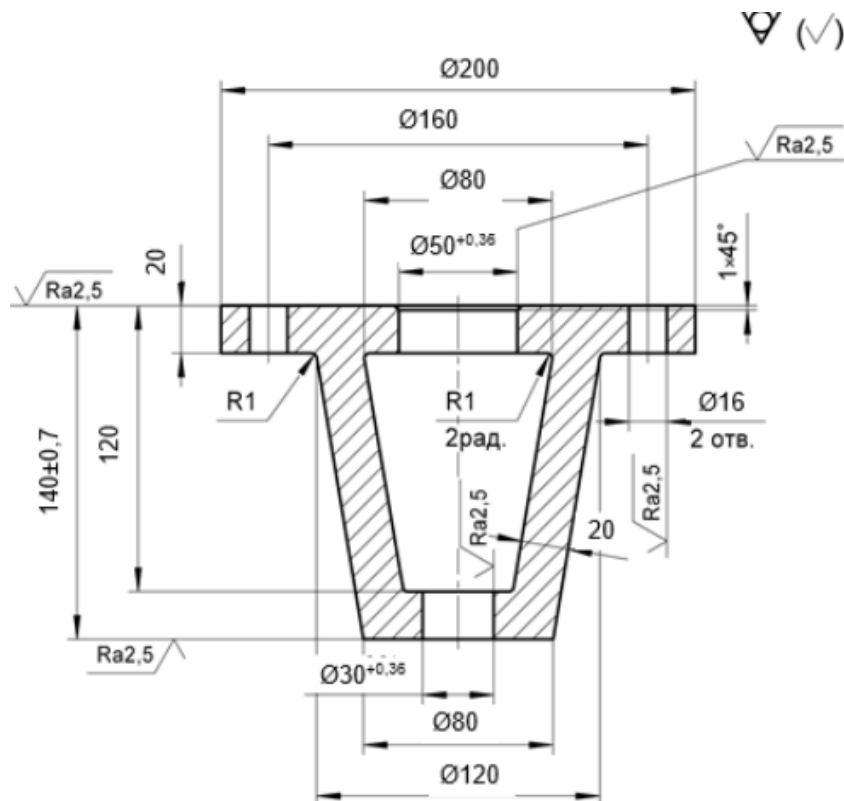


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов-h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья песчаные в формы.
3. Точность отливки 10 – 4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Переходник
СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 29, 30

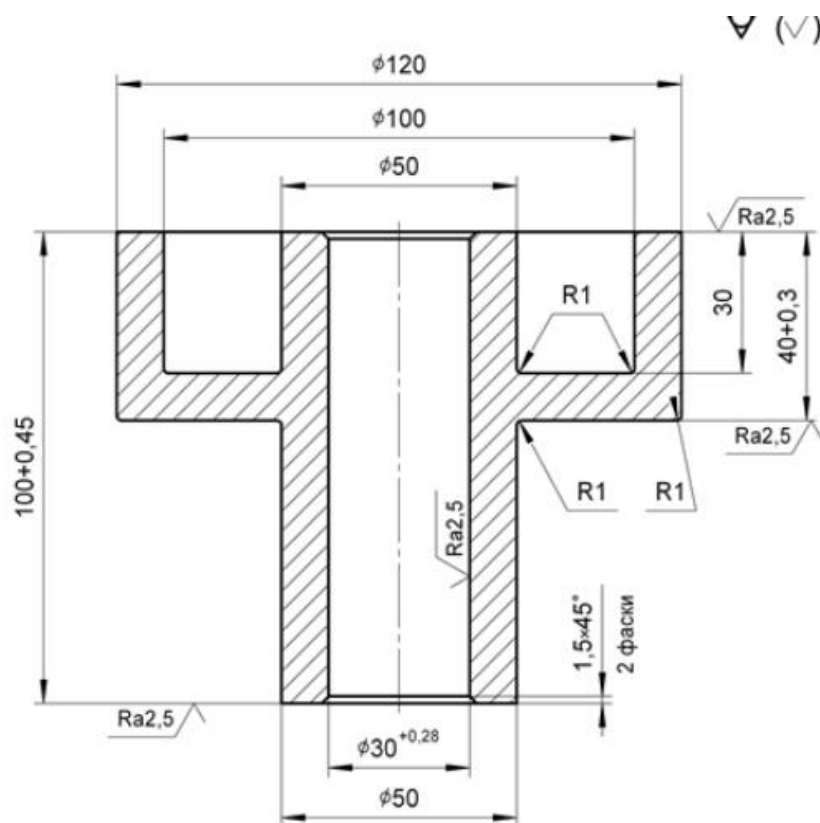


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов-h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Заготовку детали изготовить методом литья песчаные в формы.
3. Точность отливки 10 – 4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Переходник
СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 31, 32

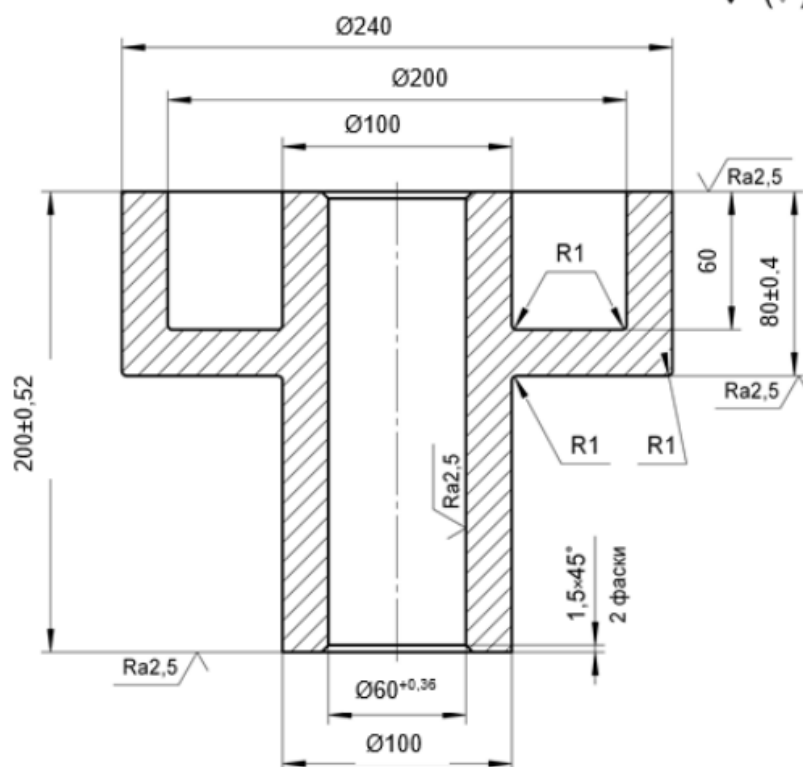


1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Деталь изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 8 – 4

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Фланец

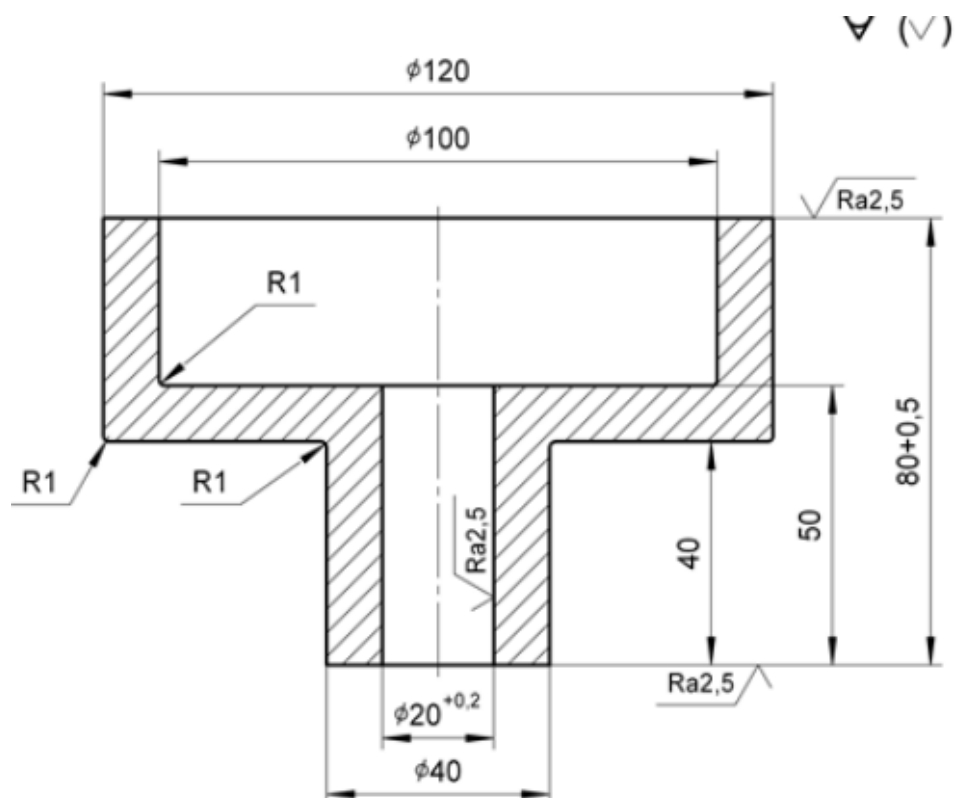
СЧ20 ГОСТ 1412-85

∇ (∇)

- Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

СЧ20 ГОСТ 1412-85

Варианты 35, 36



1. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий- H14, валов- h14, остальные- $\pm IT14/2$.
2. Деталь изготовить методом литья в песчаные формы.
3. Точность отливки 8 – 4.

Количество деталей-10000 шт.
60 шт.

Ступица
СЧ20 ГОСТ 1412-85