

Правительство Санкт-Петербурга  
Комитет по науке и высшей школе  
Санкт-Петербургское государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Академия промышленных технологий»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор СПбГБПОУ «АПТ»  
Ю.П. Шабурин  
31 августа 2020 г.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**ПМ.01 Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья  
и производство отливок из черных и цветных металлов**

для специальности  
среднего профессионального образования  
**22.02.03 Литейное производство чёрных и цветных металлов**

Базовая подготовка

Санкт-Петербург  
2020

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 22.02.03 Литейное производство чёрных и цветных металлов, утвержденного Приказом Министерства образования и науки № 357 от 21 апреля 2014 г.

Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Академия промышленных технологий» (СПб ГБПОУ «АПТ»)

Преподаватель СПб ГБПОУ «АПТ»

Методические рекомендации рекомендованы и одобрены учебно-цикловой комиссией сварки и металлургических дисциплин

Протокол № 10 от \_\_ июня 2020 г.

Председатель УЦК Чекмаров С.В.

Программа одобрена на заседании Педагогического совета и рекомендована к использованию в учебном процессе

Протокол № 01 от 31 августа 2020 г.



## Содержание.

### Введение

1. Организация выполнения курсового проекта
  - 1.1. Этапы выполнения курсового проекта
  - 1.2. Примерный план курсового проекта
  - 1.3. Написание курсового проекта
2. Требования к оформлению курсового проекта
  - 2.1. Общие требования к оформлению работы
  - 2.2. Как оформлять заголовки
  - 2.3. Как оформлять содержание
  - 2.4. Как оформлять рисунки
  - 2.5. Как оформлять таблицы
  - 2.6. Как оформлять примечания
  - 2.7. Как оформлять формулы и уравнения
  - 2.8. Как оформлять перечисления
  - 2.9. Как оформлять приложения
  - 2.10. Как оформлять список использованных источников
3. Организация защиты курсового проекта
  - 3.1. Подготовка к защите курсового проекта
  - 3.2. Защита курсового проекта
4. Основные рекомендации по выполнению расчетов и разработке технологии изготовления отливки
  - 4.1. Анализ технологичности литой детали
  - 4.2. Обоснование выбранной марки материала
  - 4.3. Выбор способа изготовления и вида формовки
  - 4.4. Выбор положения отливки в форме при заливке
  - 4.5. Определение количества стержней, их контуров, размеров знаков
  - 4.6. Выбор формовочных и стержневых смесей
  - 4.7. Назначение класса точности, допусков отклонений на размеры.  
Определение величин припусков на механическую обработку
  - 4.8. Назначение величин формовочных уклонов
  - 4.9. Выбор места установки прибылей, требования, предъявляемые к ним
  - 4.10. Выбор конструкции литниковой системы, требования, предъявляемые к ним
  - 4.11. Определение количества отливок в форме. Выбор габаритов опок и их конструкций
  - 4.12. Холодильники, требования, предъявляемые к ним
  - 4.13. Режим заливки формы
  - 4.14. Определение времени выдержки отливки в форме
  - 4.15. Выбивка, обрезка, обрубка прибылей, очистка отливок
  - 4.16. Назначение режима термической обработки
  - 4.17. Контроль качества отливок
  - 4.18. Виды дефектов, методы устранения
5. Пример выполнения графической части

## Введение

Курсовой проект — это исследовательская работа, проводимая на заключительном этапе изучения МДК 01.04 Рациональные режимы технологических операций изготовления отливок для формирования профессиональных и общих компетенций производства отливок

ПК 1.2. Анализировать свойства и структуры металлов и сплавов

ПК1.3. Выполнять расчёты, необходимые при разработке технологических процессов изготовления отливок

ПК 1.4. Устанавливать и осуществлять рациональные режимы технологических операций изготовления отливок

ПК 1.6. Оформлять и читать конструкторскую и технологическую документацию по литейному производству.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений по ПМ 01
- Рациональные режимы технологических операций изготовления.
- углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования умений использовать справочную, нормативную и правовую документацию;
- развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- подготовки к итоговой государственной аттестации.

Курсовой проект выполняется по исходным данным, выданным преподавателем.



# 1. Организация выполнения курсового проекта

## 1.1. Этапы выполнения курсового проекта

Подготовка и защита курсового проекта состоят из следующих этапов:

- Подбор и ознакомление с литературой по заданной теме.
- Составление плана курсового проекта и согласование его с руководителем.
- Изучение отобранной литературы, ГОСТов и действующей практики расчёта и разработки литейно-модельных указаний.
- Сбор и обработка фактического материала в сочетании с литературными источниками.
- Технологические расчёты массы отливки, габаритов опок, размеров сечений ЛПС, расчет груза на форму.
- Написание пояснительной записки объёмом, примерно, 40...50 страниц и графической части в объёме двух-трех листов, выполненной в соответствии с требованиями ЕСКД.
- Написание тезисов доклада для защиты курсового проекта.
- Защита курсового проекта.

## 1.2. Примерный план курсового проекта

Пояснительная записка должна содержать:

ВВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ 1

- 1.1 Анализ технологичности литой детали.
- 1.2 Обоснование выбранной марки материала.
- 1.3 Выбор способа изготовления и виды формовки.
- 1.4 Выбор положения отливки в форме при заливке.
- 1.5 Определение количества стержней; их контуров; размеров знаков.
- 1.6 Выбор формовочных и стержневых смесей.
- 1.7 Назначение класса точности, допусков отклонений на размеры.  
Определение величин припусков на механическую обработку.
- 1.8 Назначение величин формовочных уклонов.
- 1.9 Выбор места установки прибылей, требования, предъявляемые к ним.
- 1.10 Выбор конструкции литниковой системы, требования, предъявляемые к ним.
- 1.11 Определение количества отливок в форме.  
Выбор габаритов опок и их конструкций.
- 1.12 Холодильники, требования, предъявляемые к ним.

- 1.13 Режим заливки формы.
- 1.14 Определение времени выдержки отливки в форме.
- 1.15 Выбивка, обрезка, обрубка прибылей, очистка отливок.
- 1.16 Назначение режима термической обработки.
- 1.17 Контроль качества отливок.
- 1.18 Виды дефектов, методы устранения.

## РАЗДЕЛ 2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

- 2.1 Расчет массы припусков на механическую обработку.
- 2.2 Расчет прибылей.
- 2.3 Расчет литниковой системы.
- 2.4 Расчет груза на форму.

## РАЗДЕЛ 3 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

- Лист 1 Чертеж с литейно-модельными указаниями
- Лист 2 Эскиз стержня.
- Лист 3 Чертеж формы в сборе

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### 1.3. Написание курсового проекта

Выполнение курсового проекта начинается с написания введения, которое составляет 1,5-2 страницы. Во введении следует раскрыть актуальность темы, определить цель и основные задачи работы, сформулировать практическую значимость работы, определить объект и предмет изучения, структуру работы.

Цель представляет собой конечный итог работы. Исходя из развития цели работы определяются задачи. Это обычно делается в форме перечисления (проанализировать..., разработать..., обобщить..., выявить..., показать..., изучить..., установить., дать рекомендации. и т.п.). Часто задачи работы совпадают с формулировкой глав и параграфов.

Содержание основной части должно точно соответствовать теме работы и полностью её раскрывать. Изложение материала в работе должно быть последовательным и логичным. Все главы должны быть связаны между собой. Поэтому особое внимание следует обращать на логические переходы от главы к главе, от параграфа к параграфу. Каждый вопрос должен быть освещён по определённой схеме, не допускающей повторов, отрывочных логически не связанных между собой положений.

При написании работы следует обращать внимание на правильность выявления причинно-следственных связей между изучаемыми явлениями.

В заключении работы излагаются краткие выводы по теме,



характеризуется степень её раскрытия, определяется, достигнуты ли цель и задачи работы. Для успешной защиты работы следует иметь не менее трёх - четырех основных предложений. Как правило, обоснованные выводы этой главы определяют практическую значимость работы, сформулированную во введении. Заключение курсового проекта должно быть по объёму 2-3 страницы. Именно в заключении наиболее ярко проявляется способность автора ясно мыслить и излагать материал. Заключение является основой для написания текста к защите курсовой работы.

В ходе написания работы следует обратить внимание на язык изложения материала, особенно на лексику, орфографию и пунктуацию. Работа должна быть написана грамотно и аккуратно.

## **2. Требования к оформлению курсового проекта**

### **2.1. Общие требования к оформлению работы**

По ГОСТ 7.32–2001 «Отчет о научно–исследовательской работе. Структура и правила оформления» текст печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта – черный. Размер шрифта (кегель) – не менее 12 пт. Обычная практика – кегль 14 пт. ГОСТ не определяет тип шрифта, но обычно – Times New Roman.

Размеры полей: правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – не менее 20 мм, левое – не менее 30 мм.

Страницы работы нумеруются арабскими цифрами (нумерация сквозная по всему тексту). Номер страницы ставится в центре нижней части листа без точки. Титульный лист включается в общую нумерацию, номер на нем не ставится.

### **2.2. Как оформлять заголовки**

По ГОСТ 7.32–2001 главы основной части работы не являются структурными элементами – таким элементом (наряду с содержанием, введением, заключением, списком использованных источников, приложением и др.) является только вся основная часть в целом. По ГОСТ 7.32–2001 заголовки структурных элементов работы располагают в середине строки без точки в конце и печатают заглавными буквами без подчеркивания. Каждый структурный элемент следует начинать с новой страницы.

Главы обычно нумеруют. Главы могут делиться на параграфы, которые в свою очередь могут делиться на пункты и подпункты (и более мелкие разделы).

Номер параграфа состоит из номеров главы и параграфа в главе,



разделенных точкой. В конце номера точка не ставится. Аналогичным образом нумеруются и пункты в параграфе (например: 2.4.2 Анализ результатов). В принципе, допускается наличие в главе всего одного параграфа, а в параграфе – одного пункта. В этом случае параграф и пункт все равно нумеруются. Заголовки параграфов, пунктов и подпунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Размер абзацного отступа, как и расстояния между заголовками, ГОСТ 7.32–2001 никак не регулирует, но можно ориентироваться на ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам», по которому абзацный отступ равен пяти ударам пишущей машинки (или 15–17 мм).

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 3 или 4 интервалам (15 мм). Если реферат, курсовая или ВКР напечатаны интервалом 1,5, то это значит, что расстояние между заголовком и текстом равно одной пустой строке. Расстояние между заголовками главы и параграфа – 2 интервала (8 мм).

### **2.3. Как оформлять содержание**

По ГОСТ 7.32–2001 заголовок СОДЕРЖАНИЕ пишется заглавными буквами посередине строки. Содержание включает введение, наименования всех глав, параграфов, пунктов, заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы работы. По ГОСТ 2.105–95 наименования, включенные в содержание, записывают 3 строчными буквами, начиная с прописной буквы. ГОСТ 7.32–2001 этот вопрос никак не регламентирует и поскольку он имеет предпочтение перед ГОСТ 2.105–95, то в принципе, все остается на усмотрение автора.

### **2.4. Как оформлять рисунки**

По ГОСТ 7.32–2001 на все рисунки в тексте должны быть даны ссылки. Рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Рисунки нумеруются арабскими цифрами, при этом нумерация сквозная, но допускается нумеровать и в пределах раздела (главы). В последнем случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой (например: Рисунок 1.1). Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Слово «Рисунок» пишется полностью. По ГОСТу можно ограничиться только номером (т.е. оставить, например, подпись: Рисунок 2),

но вузы практически всегда требуют еще и название. В этом случае подпись должна выглядеть так: Рисунок 2 – Структура фирмы Точка в конце названия рисунка не ставится. Если в работе есть приложения, то рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением впереди обозначения приложения (например: Рисунок А.3).

## 2.5. Как оформлять таблицы

По ГОСТ 7.32–2001 на все таблицы в тексте должны быть ссылки. Таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Все таблицы нумеруются (нумерация сквозная, либо в пределах раздела – в последнем случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой (например: Таблица 1.2). Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением впереди обозначения приложения (например: Таблица В.2). Слово «Таблица» пишется полностью. Наличие у таблицы собственного названия по ГОСТу не обязательно, но вузы требуют его всегда. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире (например: Таблица 3 – Доходы фирмы). Точка в конце названия не ставится.

При переносе таблицы на следующую страницу название помещают только над первой частью, при этом нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую первую часть таблицы, не проводят. Над другими частями также слева пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы (например: Продолжение таблицы 1).

Таблицу с большим количеством столбцов допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и столбцы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером столбцов и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами столбцы и(или) строки первой части таблицы.

Заголовки столбцов и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки столбцов – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков столбцов и строк точки не ставят. Разделять заголовки и подзаголовки боковых столбцов диагональными линиями не допускается.



Заголовки столбцов, как правило, записывают параллельно строкам таблицы, но при необходимости допускается их перпендикулярное расположение.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Но головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

## 2.6. Как оформлять примечания

По ГОСТ 7.32–2001 примечания размещают сразу после текста, рисунка или в таблице, к которым они относятся. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и идет текст примечания. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без точки.

Примечание – \_\_\_\_\_

или:

Примечания

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

Примечания можно оформить в виде сноски. Знак сноски ставят непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение. Знак сноски выполняют надстрочно арабскими цифрами со скобкой. Допускается вместо цифр выполнять сноски звездочками «\*». Применять более трех звездочек на странице не допускается. Сноску располагают в конце страницы с абзацного отступа, отделяя от текста короткой горизонтальной линией слева.

## 2.7. Как оформлять формулы и уравнения

По ГОСТ 7.32–2001 формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку. Над и под каждой формулой или уравнением нужно оставить по пустой строке. Если уравнение не уместится в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (x), деления (:), или других математических знаков, причем этот знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «x».

Если нужны пояснения к символам и коэффициентам, то они приводятся сразу под формулой в той же последовательности, в которой они идут в формуле.

Все формулы нумеруются. Обычно нумерация сквозная. Номер проставляется арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

$$A = a:b (1)$$

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой, например: (1.4).

Формулы в приложениях имеют отдельную нумерацию в пределах каждого приложения с добавлением впереди обозначения приложения, например: (В.2).

## 2.8. Как оформлять перечисления

По ГОСТ 7.32–2001 перед каждым перечислением следует ставить дефис или, при необходимости ссылки в тексте на одно из перечислений, строчную букву (за исключением ё, з, й, о, ч, ь, ы, ъ).

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

- а) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
  - 1) \_\_\_\_\_
  - 2) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_

## 2.9. Как оформлять приложения

По ГОСТ 7.32–2001 в тексте работы на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность (например: ПРИЛОЖЕНИЕ Б). Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного



использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами. Если в документе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Текст каждого приложения может быть разделен на разделы, подразделы и т.д., которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Нумерация страниц приложений и основного текста должна быть сквозная.

## **2.10. Как оформлять список использованных источников**

По ГОСТ 7.32–2001 список литературы должен называться «Список использованных источников». По ГОСТ 7.32–2001 сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа. Однако в таком контексте указанный список подразумевает не собственно список литературы, а список ссылок. Список же ссылок регламентируется специальным ГОСТом – ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления», который особо разграничивает список ссылок и список литературы. При этом ГОСТ Р 7.0.5–2008 не дает указаний по оформлению списка литературы. Таким образом, на сегодняшний день, вопрос об оформлении списка литературы (или списка использованных источников) остается открытым, т.е. на усмотрение вуза или автора работы.

## **3. Организация защиты курсового проекта**

### **3.1. Подготовка к защите курсового проекта**

После написания курсового проекта сдаётся на проверку в строго установленные учебным заведением сроки.

Для подготовки к защите целесообразно подготовить тезисы доклада. При составлении тезисов необходимо учитывать, что ориентировочное время доклада на защите - 7-10 минут. Структура доклада при защите курсового проекта может быть следующая:

- 1) Представление студента и темы работы.
- 2) Причины выбора и актуальность темы.
- 3) Цель работы и её задачи.
- 4) Предмет исследования.
- 5) Логика построения работы.
- 6) Основные положения и выводы по работе.

Объём 4 - 5 листов текста в формате Word, размер шрифта 14 пунктов,



полуторный интервал.

### **3.2. Защита курсового проекта**

Защита имеет своей целью выявление степени раскрытия автором темы работы, самостоятельности и глубины изучения проблемы, обоснованности выводов и предложений.

На защите работы студент должен показать не только знание темы, но и способность к самостоятельному мышлению, умение чётко и ясно излагать свои мысли и выводы.

На защите работы следует выступать с заранее подготовленными тезисами доклада. Желательно, чтобы студент излагал доклад свободно, используя письменный текст. Речь должна быть ясной, грамматически точной, уверенной. В ходе выступления с докладом следует обратить внимание на правильное произношение слов, особенно экономических терминов.

После выступления с докладом преподаватели, принимающие защиту, задают любые вопросы по работе, уточняют полученные выводы и результаты. Ответы на поставленные вопросы должны быть краткими и состоять, как правило, из двух - трёх предложений. На вопросы следует отвечать уверенно и чётко.

При оценке курсового проекта учитывается как содержание, так и защита проекта. Оценка по работе сообщается студенту после защиты.

## **4. Основные рекомендации по выполнению расчетов и разработке технологии изготовления отливки**

### **4.1. Анализ технологичности литой детали**

Литая деталь, выполняемая любым способом (образованной из литых узлов, соединенных механическим путем в одну деталь; литой - сплошной; состоящей из одной отливки), должна быть технологичной и конструктивной.

Под технологичностью детали понимается такой вариант ее конструкции, при котором она может быть изготовлена с минимальными затратами средств и материалов.

Под конструктивностью детали понимается такой вариант конструкции отдельных ее узлов, стенок и углов, при котором они будут получаться без литейных дефектов, понижающих ее прочностные свойства.

Технологичными считают детали, конструкции которых отвечают требованиям, как технологии механической обработки, так и технологии литейного производства, а также всем условиям эксплуатации.

Технологичные литые детали должны иметь:

- простые и прямолинейные общие контуры, облегчающие изготовление модельных комплектов, а также процессы формовки, сборки форм и очистки отливок;

- рациональную толщину стенок в различных сечениях, что обеспечивает необходимую прочность конструкции и возможность заполнения формы металлом;

- плавные переходы в сопряжениях различных сечений, способствующие снижению внутренних напряжений в отливке;

- достаточное число окон для удобной и надежной простановки стержней, вывода из них газов и очистки внутренних полостей отливки;

- конструктивные уклоны, обеспечивающие изготовление формы без усложняющих приемов и искажения контуров отливки формовочными уклонами;

- возможность транспортирования различными средствами.

Литые детали не должны иметь выступающих частей, тонкостенных ребер, глубоких впадин, закрытых полостей и поднутрений, затрудняющих формовку (из-за увеличения числа стержней) и механизацию процессов. Задача по оценке технологичности конструкции литой детали решается для конкретных условий производства. Ниже приводятся данные для такой оценки.

Очертание литой детали должно быть по возможности простым. Это и облегчает процесс изготовления модели и исключает необходимость применения отъемных частей моделей. Простое внешнее очертание отливки позволяет изготавливать форму с минимальным количеством стержней. Лишние стержни увеличивают трудоемкость изготовления формы, приводят к появлению таких видов брака, как перекосы и несовпадение размеров, вызывают неточность изготовления и установки стержней.

Внешнее очертание и конструкция литой детали должны быть такими, чтобы модель можно было изготовить с одним плоским разъемом. Это особенно важно при машинной формовке. Модель или части модели должны при формовке легко извлекаться из формы. Для проверки этого требования можно использовать метод теневого рельефа. Если на деталь или часть детали направить пучок параллельных лучей, перпендикулярных предполагаемой плоскости разъема формы, или стержневого ящика, то отсутствие теневых мест обеспечивает выполнение этого требования. На рис. 1 приведены примеры такой проверки конструкции деталей.



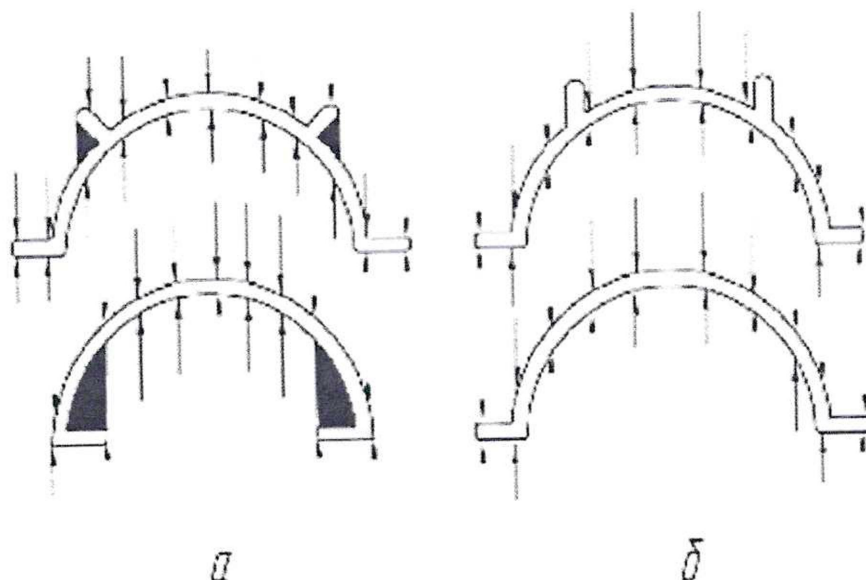


Рисунок 1 - Метод теневого рельефа нетехнологичные (а) и технологичные (б)

При наличии у литой детали выступающих наружу крепежных приливов и бобышек рекомендуется следующее:

- близко расположенные приливы или бобышки необходимо объединять в один прилив;

- если деталь имеет внутренние полости, выполняемые с применением стержней, то выступающие наружу приливы и бобышки следует переносить внутрь детали;

- наличие приливов и бобышек не должно вызывать местных скоплений металла, для чего их высота не должна превышать толщины стенки, на которой они расположены. При этом наименьшая высота бобышек назначается в зависимости от наибольшего габаритного размера детали.

Верхним (по положению при заливке) плоским поверхностям большой протяженности необходимо придавать при заливке некоторый наклон, в противном случае поверхность будет плохого качества из-за наличия таких видов брака, как ужимины и газовые раковины. Не следует допускать у литой детали двустороннюю механическую обработку, при которой в стружку удаляется наиболее прочный слой металла. Кроме того, при назначении припусков на обработку создается местное скопление металла, что приводит к появлению усадочных раковин и трещин.

#### 4.2. Обоснование выбранной марки материала

В этом разделе дается краткое описание роли литой детали в машине или узле машины, для которой она предназначена. Необходимо привести сведения

о характере нагрузок, действующих на литую деталь (статические, динамические, ударные), а также о температуре рабочей среды.

В необходимых случаях приводятся требования к физическим (твердость, плотность, износостойкость, электропроводность, антифрикционность и др.) и химическим (например, коррозионная стойкость) свойствам отливок.

В пояснительной записке должны быть указаны марка сплава, его химический состав (в соответствии с определенным стандартом), величина показателей механических свойств, а для отливок специального назначения - соответствующие эксплуатационные характеристики.

Наряду с вышеперечисленными свойствами необходимо кратко описать известные из справочной литературы технологические и литейные свойства выбранного сплава: интервал плавления, литейную, линейную и объемную усадку, жидкотекучесть (по спиральной или другим пробам), склонность к трещинообразованию и ликвации и др.

Все металлы подразделяются на два класса:

- черные;
- цветные.

К черным относят сплавы на основе железа (сталь, чугун).

Цветные металлы подразделяют на тяжелые (Си, Pb, Sn, Ni и др.), легкие (Al, Mg и др.), редкие (W, Mo), благородные (Ag, Au, Pt).

Свойства металлов:

Механические:

- прочность-способность материала сопротивляться деформации или разрушению;
- твердость - способность материала сопротивляться проникновению в него другого тела;
- износостойкость - способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием поверхностного трения;
- пластичность - способность твердых тел изменять форму и размеры без разрушения под действием внешней нагрузки.

Физико-химические:

- температура плавления;
- плотность;
- электро-и теплопроводность.

Технологические свойства-способность поддаваться различным способам обработки (литейные свойства, ковкость, свариваемость, обрабатываемость режущими инструментами).

При определении свойств сплава необходимо воспользоваться марочником стали и сплавов.

Пример:

Отливка «сектор фланца», работает опорным элементом в конструкции «мельница». Данная деталь работает при высоких нагрузках. В этих условиях удовлетворительно показывает себя марка стали 20ГСЛ (ГОСТ



977-88). Применение: отливки для гидротурбин, фасонные отливки арматуры и трубопроводов, работающие при температуре до 450<sup>0</sup>С.

Таблица 1. Химический состав стали 20ГСЛ. Массовая доля элементов в %.

C	Si	Mn	S	P
0.16-0.22	0.6-0.8	1-1.3	До 0.03	До 0.03

Таблица 2. Температура критических точек стали 20ГСЛ <sup>0</sup>С.

Ac1	Ac3	Ar1	Ar3
700	840	620	780

Таблица 3. Технологические характеристики 20ГСЛ.

Температура затвердевания стали, <sup>0</sup> С	Линейная усадка, %	Жидкотекучесть	Показатель трещиностойчивости	Склонность к образованию усадочной раковины	Склонность к образованию усадочной пористости
1482-1493	2.2-2.8	Кж.т.=0.9	Кт.у.=1.0	Ку.р.=1.2	Ку.п.=1.0

Таблица 4. Механические свойства.

Операция	t, <sup>0</sup> С	Охлаждающая среда	Сечение, мм	$\sigma_{0.2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	КСУ, Дм/см <sup>2</sup>	НВ
нормализация	870-890	воздух	100	294	540	18	30	29	124-151 <sup>2</sup>
отпуск	570-600	воздух							

#### 4.3. Выбор способа изготовления и вида формовки

Сначала устанавливают, какой вид литья наиболее подходит для изготовления детали: традиционное литье в разовые песчано-глинистые формы или специальные способы литья. Указанными способами можно изготавливать отливки в разовые формы (литье в песчаные формы, по выплавляемым моделям и в оболочковые формы) и в металлические формы (литье в кокиль, под давлением и центробежное). Затем выбирают способ изготовления литейных форм.

В зависимости от размеров отливок и характера их производства



применяются следующие способы изготовления литейных форм:

Ручная формовка в опоках - для мелких, средних и частично для крупных отливок при индивидуальном и мелкосерийном производстве;

Формовка в почве (открытая и закрытая) - преимущественно для крупных отливок при индивидуальном производстве;

Машинная формовка - для мелких и средних отливок при серийном и массовом производстве.

Выбор способа изготовления зависит от нескольких показателей, таких, как габариты отливки и характер производства.

Тип производства можно определить по табл. 5.

Таблица 5. Определение типа производства.

Группа отливок по массе	Масса отливки, кг	Годовой выпуск отливок (шт.), одного наименования при различных типах производства				
		единичном	мелко серийном	серийном	крупносерийном	массовом
I (мелкие)	<20	<300	300 - 3000	3000 - 35 000	35 000 - 200 000	>200 000
	20 - 100 (20,5)	<150	150 - 2000	2000 - 15 000	15 000 - 100 000	> 100 000
II (средние)	101 - 500	<75	75 - 1000	1000 - 6 000	6000 - 40 000	>40 000
	501 - 1 000	<50	50 - 600	600 - 3 000	3000 - 20 000	>20 000
III (крупные)	1001 - 5 000	<20	20 - 100	100 - 300	300 - 4 000	>4000
IV (очень крупные)	5001 - 10 000	<10	10 - 50	50 - 150	150 - 1000	>1000
	>10 000	<5	5 - 25	25 - 75	>75	—

#### 4.4. Выбор положения отливки в форме при заливке

Положение отливки в форме предопределяет ее качество, сложность формовки, размеры опок, припуски на механическую обработку отдельных поверхностей и параметры технологии. Поэтому выбору положения отливки в форме при заливке уделяется особое внимание.

Теорией и практикой литейного производства установлено, что при определении положения отливки в форме необходимо руководствоваться следующими положениями:

- отливка должна располагаться в форме таким образом, чтобы обеспечивалось направленное затвердевание ее к местам расположения прибылей. С этой целью массивные части отливки располагают, по

возможности, в верхних или боковых частях формы. Такое расположение отливки позволяет обеспечить пропитку ее массивных частей установкой верхних прибылей. В том случае, если отливка имеет большое количество утолщений, разделенных друг от друга более тонкими стенками, когда применение прибылей прямого питания не обеспечивает направленного затвердевания следует иметь ввиду возможность применения отводных прибылей и различных холодильников;

- максимальное количество обрабатываемых поверхностей отливки должно располагаться в нижней части формы по заливке, а при отсутствии такой возможности - вертикально или наклонно. Обрабатываемые поверхности отливок являются в большинстве случаев наиболее ответственными. Поэтому на этих поверхностях не допускается наличие таких литейных дефектов, как засоры и шлаковые включения, которые, как правило, располагаются на верхних плоскостях отливки; нижние плоскости отливки всегда более плотны. Однако в практике литья имеют место и такие случаи, когда по ряду соображений основные обрабатываемые поверхности приходится располагать сверху по заливке. В таких случаях принимают все меры к тому, чтобы предотвратить образование литейных дефектов, а если все же такие дефекты образуются, их удаляют вместе с припусками на механическую обработку. С этой целью в местах возможного появления литейных дефектов назначаются несколько увеличенные припуски на обработку. Многие отливки подвергаются механической обработке с нескольких сторон. Естественно, что для этих отливок невозможно выбрать такое положение в форме при заливке, которое обеспечило бы расположение всех обрабатываемых плоскостей в нижних частях формы. Поэтому, в таких случаях в нижних частях формы размещаются наиболее ответственные поверхности, а в верхних - менее ответственные, имеющие меньшую площадь;

- симметричные (по своей форме) отливки, как правило, несут симметричную нагрузку. Для того чтобы обеспечить равномерность свойств отливки по сечению, перпендикулярному к оси симметрии, необходимо чтобы симметричные части отливок находились в одинаковых условиях при заполнении полости формы металлом и при кристаллизации. Достичь этого можно в том случае, если ось (плоскость) симметрии отливки занимает вертикальное положение при заливке;

- заполнение полости формы металлом, падающим с большой высоты, сопровождается захватом воздуха и окислением. Чем больше высота падения металла, тем больше энергия падающей струи, тем больше возможность разрушения формы и тем в большей степени загрязняется металл окислами и газами. Поэтому отливку в форме необходимо располагать таким образом, чтобы обеспечить минимальную высоту падения металла при заполнении полости формы;



- отливку необходимо располагать в форме таким образом, чтобы обеспечить формовку по модели с минимальным количеством стержней. Применение моделей с отъемными частями и увеличение количества стержней усложняет изготовление модели и удорожает стоимость формовки.

При литье в разовые формы следует помнить, что формовка может производиться в одном положении, а заливка в другом. При выборе положения отливки в форме учитывается так же ряд других требований как, например, удобство формовки, возможность проверки правильности установки стержней в форме, прочность отдельных участков формы, удобство подвода и обрезки литников и т.п.

В практике работы невозможно выбрать такое положение отливки в форме, чтобы одновременно удовлетворить всем указанным требованиям. Поэтому в борьбе за качество литья необходимо основное внимание уделять главным, решающим факторам.

### **Выбор поверхности разъема формы.**

Разъем формы применяется исходя из необходимости удаления постоянных моделей из разовой формы, а при литье в постоянные формы для удаления отливки. В зависимости от сложности модели и от принятого способа формовки, число поверхностей разъема может быть равно 1, 2 и 3. Поверхность разъема формы и положение отливки в форме при заливке обычно тесно увязываются между собой. Однако выбор поверхности разъема формы является вопросом подчиненным, и окончательное назначение поверхности разъема производится только после определения положения отливки в форме.

Назначением поверхности разъема формы предопределяют такие параметры технологического процесса, как конструкция модели, величина формовочных уклонов, необходимость применения стержней и т.п. При выборе поверхности разъема формы необходимо стремиться к тому, чтобы число разъемов было минимальным. Большое число разъемов ведет к уменьшению точности изделия и дополнительной обработке на отливке заливок по поверхностям разъема.

При работе на формовочных машинах число разъемов формы следует сводить к одному или, в крайнем случае, к двум, при условии размещения в верхнем съеме только прибылей. Во всех случаях поверхности разъема формы должны назначаться таким образом, чтобы обеспечивалась возможность формовки с применением наименьшего количества стержней. Это положение определяется не только необходимостью снижения трудоемкости изготовления форм, но и получением отливок с наименьшими отступлениями от размеров чертежа. Чем меньше стержней, тем меньше протяженность швов между ними, тем меньше заливок и связанных с ними дефектов. Везде, где это возможно, нужно заменять стержни «болванами».

В тех случаях, если отливка подвергается механической обработке, желательно, чтобы поверхность разъема формы предусматривала расположение баз для механической обработки и максимальное число обрабатываемых плоскостей в одной полуформе. Это обстоятельство имеет исключительно важное значение при обработке отливок без предварительной разметки (крупносерийное или массовое производство). На базовых поверхностях недопустимо наличие литейных швов.

При оформлении базовых поверхностей стержнями, количество таких стержней должно быть минимальным, а фиксироваться они должны в той половине формы, в которой располагаются обрабатываемые поверхности. Однако стремление разместить отливку в одной полуформе не всегда бывает рациональным, так как в ряде случаев для этого потребуется применять высокие опоки, что неизбежно приведет к удорожанию формовки.

При формовке в парных опоках следует назначать такую поверхность разъема, при которой суммарная высота формы будет наименьшей. Суммарная высота формы определяется общей высотой модели ( $h_2 + h_3$ ) и необходимыми запасами между моделью и краем опоки ( $\gamma$  1, М) (рис. 2).

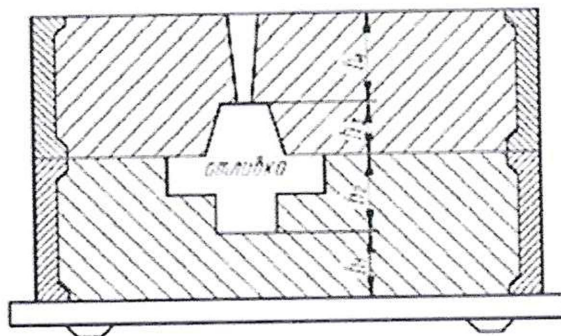


Рисунок 2 - Определение суммарной высоты формы.

Выбранная поверхность разъема должна по возможности обеспечивать установку основных стержней в нижней полуформе. Это вызывается тем, что удержать стержень, особенно крупный, в верхней полуформе не всегда возможно, и при переворачивании верхней полуформы возможны обвалы стержней. При назначении поверхности разъема необходимо предусматривать последствия сдвига формы по плоскости разъема. Это особенно важно в тех случаях, когда в результате сдвига уменьшается толщина вертикальных стенок отливки.

Для ограничения сдвига формы, при наличии фигурных поверхностей разъема, практикуется выполнение направляющих «болванов». В некоторых случаях, для создания плоского разъема, не влияющего на размеры отливки,



применяют перекрытие формы стержнями (рис. 3). Например, требуется изготовить отливку (рис.3, а), которая обрабатывается только с внутренней поверхности. Возможны три варианта поверхностей разъема формы (рис. 3, б, в, г).

Поверхность разъема, представленная на рис. 3, б, не обеспечивает получение стенок отливки одинаковой толщины. В случае сдвига одной половины формы относительно другой свисающий «болван» сместится и займет положение, обозначенной пунктирной линией. В результате этого отливка получится разностенной.

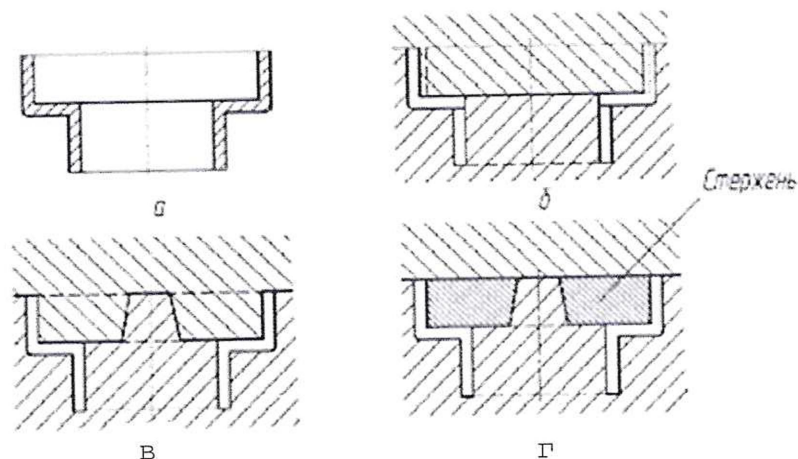


Рисунок 3 - Варианты разъемов формы.

Значительное уменьшение влияния сдвига на изменения размеров отливки достигается устройством направляющего «болвана», представленного на рис. 3, в. Применение перекрывающего стержня значительно упрощает поверхность разъема и позволяет даже при значительных сдвигах (смещениях) одной половины формы относительно другой получать отливки без искажений в размерах (рис. 3, г).

В целях уменьшения объема и упрощения механической обработки желательно, чтобы поверхность разъема формы совпадала с плоскостью механической обработки отливки. Во всех случаях нужно стремиться к назначению плоской поверхности разъема форм, вместо фигурной. Разъем следует располагать таким образом, чтобы имелась возможность обеспечить необходимый подвод металла к полости формы.

При выбранной поверхности разъема модели и формы модель должна свободно извлекаться из формы после формовки. Для определения участков отливки, препятствующих свободному извлечению из формы оформляющей их модели, мысленно проверяют, образуются ли теневые участки при освещении отливки параллельными лучами, перпендикулярными выбранной плоскости разъема модели.

Затемненные участки указывают на элементы в конструкции модели,



которые не могут быть извлечены из формы после формовки без ее разрушения (рис. 4). Эти элементы (например, бобышка 2) должны быть оформлены или стержнями (рис. 4, а), или с применением отъемных частей 1 модели (рис. 4, в), которые при съеме модели остаются в форме и затем извлекаются из нее (рис.4, б).

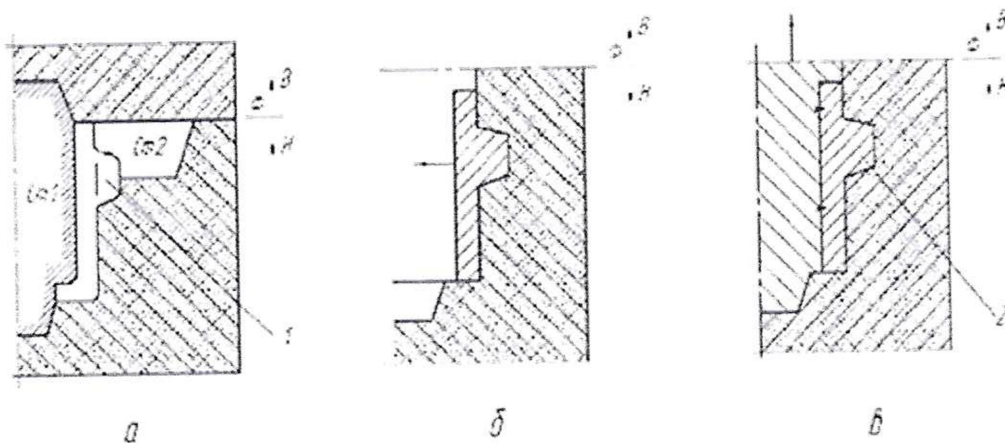


Рисунок 4 – Не извлекаемые части отливки.

#### 4.5. Определение количества стержней, их контуров, размеров знаков

Применяемая в литейном производстве отъемная часть литейной формы, оформляющая преимущественно внутренние полости отливки. В тех случаях, когда конфигурация литейной модели затрудняет её извлечение из литейной формы, стержень используют и для формирования наружных частей отливки. Он имеет знаки, которые устанавливают на опорные поверхности — знаки литейной формы. Стержни изготавливают в стержневых машинах или стержневых автоматах при массовом производстве, из специальных стержневых смесей с последующим отверждением, в том числе непосредственно в стержневых ящиках.

Стержни должны обладать высокой прочностью, газопроницаемостью, податливостью, выбиваемостью, живучестью, что обеспечивается выбором соответствующей стержневой смеси и конструкцией стержня.

Стержни должны иметь достаточное число знаков с размерами, определенными по ГОСТ 3212-92.

Стержневые знаки обеспечивают устойчивость стержня в форме вывод газов, выделяющихся из стержня при заливке формы.

Знак должен быть таких размеров, чтобы выдержать нагрузку от массы стержня, давления расплава и исключать какую-либо возможность смещения стержня.

Каркас стержня служит для увеличения прочности и должен отвечать следующим требованиям.

- 1) Обеспечивать достаточную прочность и твердость стержня.
- 2) Не пружинить и не отставать от стержневой смеси.
- 3) Не препятствовать усадке отливки.
- 4) Не мешать устройству стержня.
- 5) Легко удаляться из отливки при выбивке смеси.

Отливки необходимо по возможности выполнять без применения стержней за счет выступающих частей формы - «болванов». При машинной формовке выступающие части, расположенные в нижней опоке, и стоящие на своем основании, могут иметь высоту  $H$ , меньшую или равную размеру основания  $D$  (диаметру или диаметру вписанной окружности). Выступающие части верхних опок, свешивающиеся вниз (подвесные болваны), могут иметь высоту  $h$  меньше или равную  $0,3$  размера своего основания  $D$  (рис. 5).

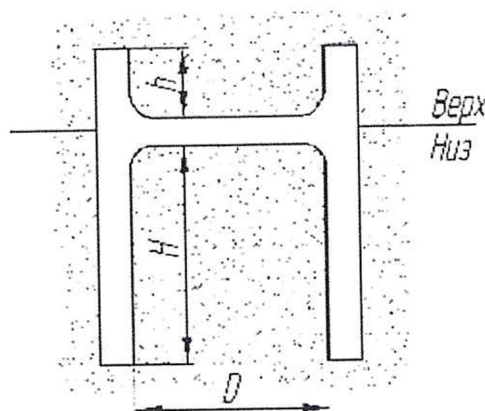


Рисунок 5 - Размеры выступающих частей опок.

При ручной формовке вышеуказанные нормы рекомендуется уменьшить до 50 %. Конфигурация внутренних полостей должна быть по возможности простой. При наличии сложных полостей стержни рекомендуется расчленять на более простые, обеспечивая удобство сборки стержня и надежность крепления его частей. Желательно, чтобы целые стержни или части составных стержней могли быть изготовлены машинным способом. Стержни должны иметь размеры в сечении, позволяющие применять металлические каркасы для увеличения их прочности. Выходные отверстия для знаков стержня изготавливаются с размерами, достаточными для надежного крепления стержней.

При малом их количестве предусматриваются дополнительные отверстия. При наличии замкнутых полостей в отливке необходимо предусмотреть технологические отверстия для выхода знаковых частей



стержня (рис. 6). Для закрывания этих отверстий должны быть установлены соответствующие заглушки.

Дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек (рис. 6, а) крайне нежелательно, так как жеребейки, заливаемые металлом, часто являются причиной брака отливок (газовые раковины, не свариваемость)

Отверстия в отливках в значительной степени осложняют технологический процесс, особенно если они имеют малый диаметр и большую глубину. Стержни для образования этих отверстий трудно изготовить и обеспечить их прочность.

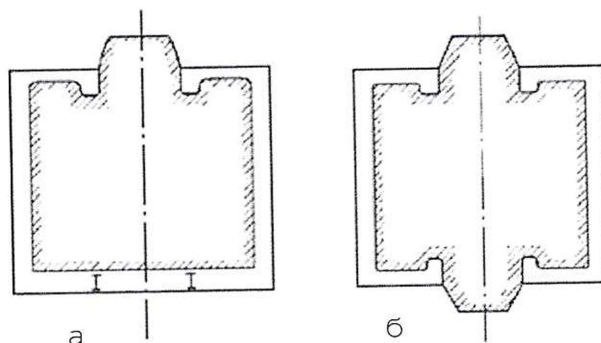


Рисунок 6 - Пример устройства жеребеек и дополнительных отверстий для выхода знака стержня:

а - дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек;

б- дополнительное устройство отверстия для выхода знака стержня.

Поверхность таких отверстий обычно имеет пригар, затрудняющий их дальнейшую обработку. Эти обстоятельства должны быть учтены при проектировании. Отверстия в отливках могут высверливаться, если диаметры их не превышают при массовом производстве 20, серийном 30 и индивидуальном 50 мм.

Толщина стенок отливок.

У литых деталей толщину стенки необходимо назначать, учитывая требуемую расчетную прочность, а также жидкотекучесть металла и возможность заполнения формы при назначенной толщине. Лимитирующим обычно является обеспечение необходимой прочности детали. Поэтому толщина стенки назначается наименьшей, но обеспечивающей необходимую прочность и достаточной для заполнения формы. Всякое увеличение толщины стенки приводит к замедлению скорости затвердевания металла и неоднородности структуры. Следствием этого является снижение прочности детали.

При выборе толщины стенки отливки необходимо учитывать, что, начиная с некоторой (критической) толщины, прочность увеличивается несоразмерно.

Сечениям стенок литых деталей рекомендуется придавать форму, обеспечивающую наименьшее торможение усадки. Наличие термического (неравномерность затвердевания и остывания) и механического (сопротивление формы) торможения усадки может приводить к короблению и трещинам. Внутренние стенки у литой детали рекомендуется делать несколько тоньше (примерно на 20 %) внешних стенок. Стенки отливки должны быть по возможности, одинаковой толщины, что обеспечивает равномерное затвердевание и остывание отливки, ее равномерное строение, предотвращает коробление и образование трещин. Допускается местное увеличение толщины стенки до 20 % при значительном удалении его от места подвода металла.

#### 4.6. Выбор формовочных и стержневых смесей

В единичном и серийном производстве средних и крупных отливок используют облицовочную и наполнительную смесь. К стержневым смесям предъявляют более жесткие требования, чем к формовочным. Прочность стержней в сухом состоянии, и их поверхностная твердость должна быть выше этих же параметров формы. Стержневые смеси должны иметь большую огнеупорность, податливость и не большую гигроскопичность, малую газотворную способность, хорошую выбиваемость.

В литейном производстве используется несколько типов смеси: единая, облицовочная, наполнительная. Так же их подразделяют по способу затвердевания:

- 1) Жидко-стекольные;
- 2) Песчано-глинистые;
- 3) Песчано-смоляные.

Песчано-смоляные смеси имеют большие преимущества перед традиционными смесями: исключается тепловая сушка, повышается точность отливок, снижаются затраты на уплотнение форм и стержней.

Пример:

Для отливки «сектор фланца» в качестве формовочной смеси выбираем ХСС облицовочную и КСС - наполнительную, состав которой приведен в таблице 6.

Таблица 6. Состав облицовочной и наполнительной смеси.

Обозначение марки смеси	Составляющие, массовая доля, %				Примечание
	сухие		жидкие (сверх 100%)		
	Песок кварцевый	Песок хромитовый	Отвердитель	Смола	
КСС	100	-	20...22 от массы смолы	1,3...1,6	Смеситель непрерывного действия
ХСС	-	100	20...22 от массы смолы	0,9	



Песок кварцевый марок (1) (К<sub>1</sub>; К<sub>2</sub>) (О<sub>1</sub>; О<sub>2</sub>; О<sub>3</sub>) (02; 025), сухой, с влажностью не более 0,5 %, просеянный через сито с ячейками 3 x 3 мм, с температурой не более 30 °С.

Песок хромитовый (концентрат) марок РССГ; АFS 45-55 (ТУ 0741-001-230 81308-00), сухой, с влажностью не более 0,5 %. Используется в производстве без предварительной подготовки. По физико-химическим показателям песок хромитовый должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 7.

Таблица 7. Физико-химические показатели песка хромитового.

Наименование показателя	Нормы
1. Внешний вид	Твердые частицы черного цвета, без запаха
2. Составные части, %:	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не менее	46,0
SiO <sub>2</sub> , не более	1,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25...29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12...17
MgO	8...12
CaO, не более	0,5
3. Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	2,6...2,8

#### 4.7. Назначение класса точности, допусков отклонений на размеры. Определение величин припусков на механическую обработку

Припуск на механическую обработку – толщина слоя металла, удаляемого с поверхности отливки при ее обработке в целях обеспечения заданных параметров размеров, формы, конфигурации.

В технических требованиях чертежа отливки с нанесенными размерами должны указываться нормы точности отливки, которые приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения отливки. Пример: для отливки «Коронка» точность отливки назначается 11-0-0-11 ГОСТ Р 53464-2009. Где 11 – класс размерной точности, 7 – класс точности массы. Ненормированные показатели точности отливки заменяют 0, а обозначение смещения допуска опускают.

На рис. 7 представлена схема порядка определения припусков на механическую обработку для типовых отливок.

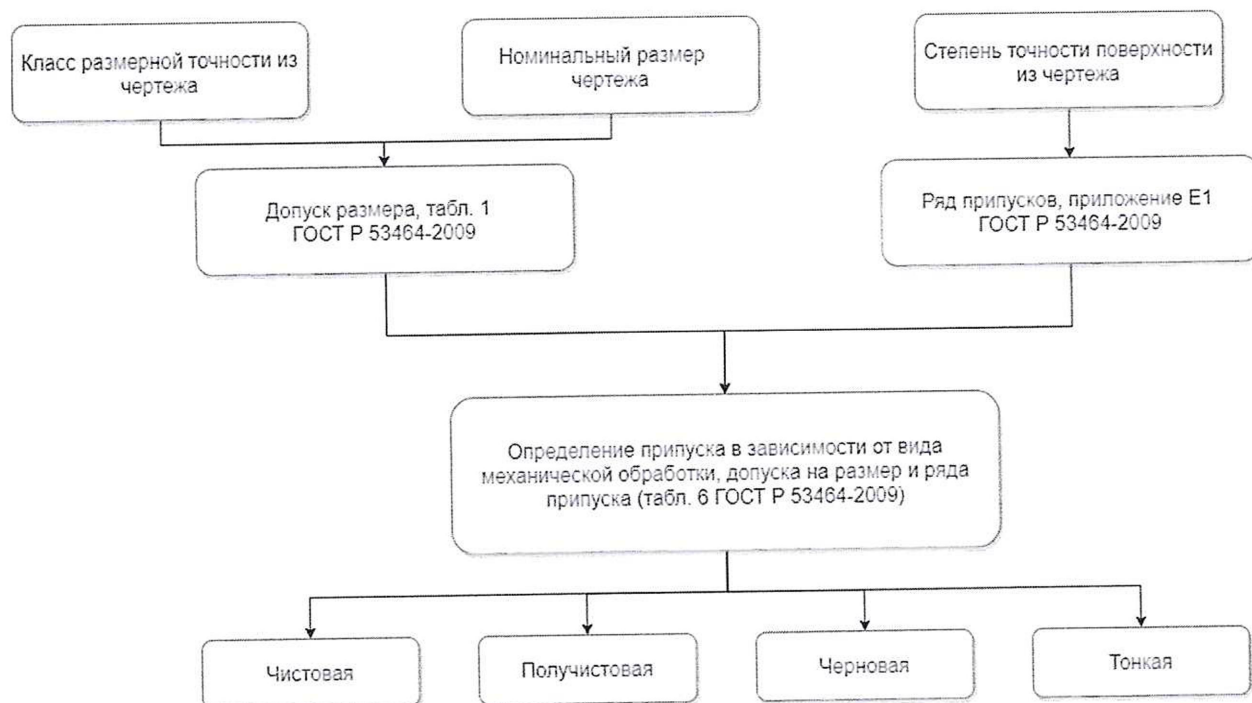


Рисунок 7 – Схема назначения припусков по ГОСТ Р 53464-2009

В первую очередь, назначается ряд припусков по приложение Е1, в зависимости от степени точности. Далее, определяем допуски на размер, по таблице 1 ГОСТ Р 53464-2009, в зависимости от номинального размера и класса размерной точности. В соответствии с таблицей 6 ГОСТ Р 53464-2009, определяем припуски на поверхности, которые требуют механическую обработку. По назначенным припускам рассчитывается объём, а затем масса этих припусков.

#### 4.8. Назначение величин формовочных уклонов

Формовочными называют уклоны, выполненные на вертикальных стенках модели, а также на углублениях и выступах частей модельного комплекта. Выполняют в тех случаях, если на отливки не предусмотрены конструктивные уклоны. Формовочные уклоны назначаются по ГОСТ 3212-92 и выполняются увеличением в направлении к разъёму формы.

На рис. 8 показаны типы формовочных уклонов для различных конфигураций отливок.



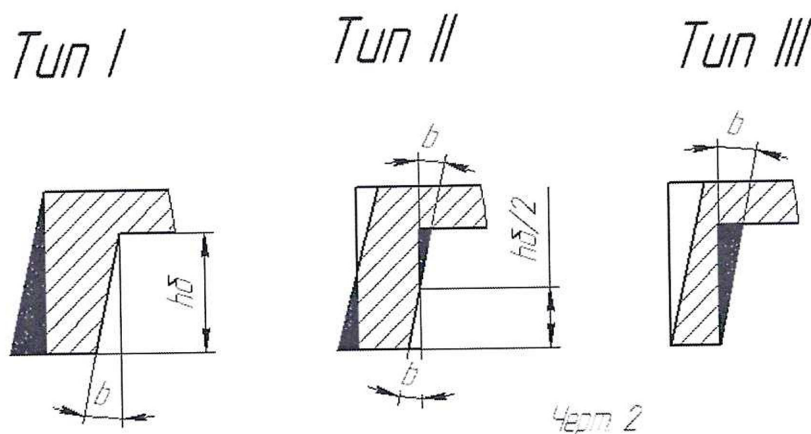
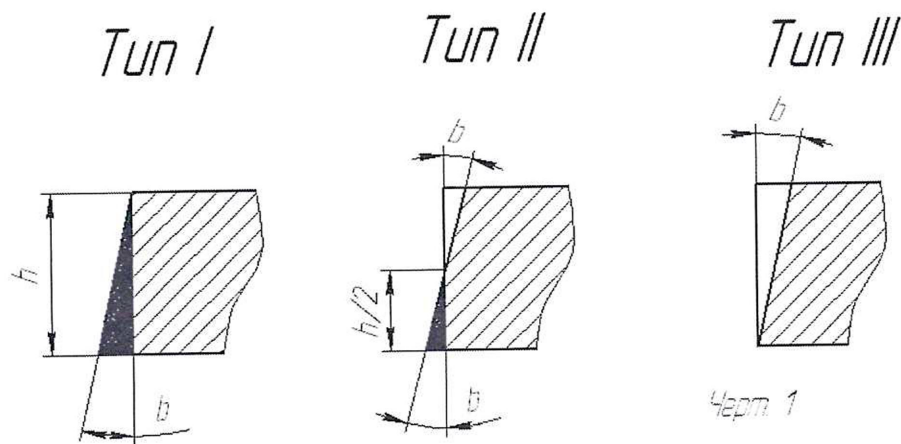


Рисунок 8 – Типы формовочных уклонов по ГОСТ 3212-92

#### 4.9. Выбор места установки прибылей, требования, предъявляемые к ним

Прибыль — это резервуар жидкого металла, служащий для добавочного питания отливки в период её затвердевания.

Правила установки прибылей:

- 1) прибыль не должна препятствовать свободной усадке отливки;
- 2) прибыль устанавливается на самых массивных частях отливки;
- 3) конструктивно прибыль должна легко отделяться от тела отливки.

Рациональная форма прибыли должна обеспечить при своих минимальных размерах вывод всей усадочной раковины в прибыль.

Для расчёта размеров прибылей предложено множество способов. Одним из наиболее простых и надёжных является метод П.Ф. Василевского. Сущность его заключается в том, что любой из имеющих место на практике случаев питания отливки или её узла приводят к одной из двум типовым

схемам (рис.1.), (рис.2.). Далее для намеченного места установки прибыли определяют диаметр окружности  $T$ , вписанной в наиболее массивную подприбыльную часть. В зависимости от значения  $T$  и схемы питания по табл. 1. и табл. 2. определяют соотношения:

$d/T$ ;

$H_{ПР}/d$ ;

$H_{ОТЛ}/T$  и

относительную протяжённость прибыли  $(\sum d_i/B) \times 100$  или  $(\sum b_i/L) \times 100$ .

В этих соотношениях:

$d$  – ширина основания прибыли;

$H_{ПР}$  – высота прибыли;

$b$  – длина основания прибыли;

$H_{ОТЛ}$  – высота питаемой части отливки;

$\sum d_i = d_1 + d_2 + \dots$  – суммарная величина наибольших измерений оснований прибылей на протяжении питаемого узла;

$B$  – ширина питаемого узла;

$L$  – длина питаемого узла.

На рис. 1. показана первая схема питания, когда прибыли устанавливаются на горизонтальные стенки отливки. Соотношения размеров отливки и прибыли даны в табл. 1.

По найденным размерам строят контуры прибылей.

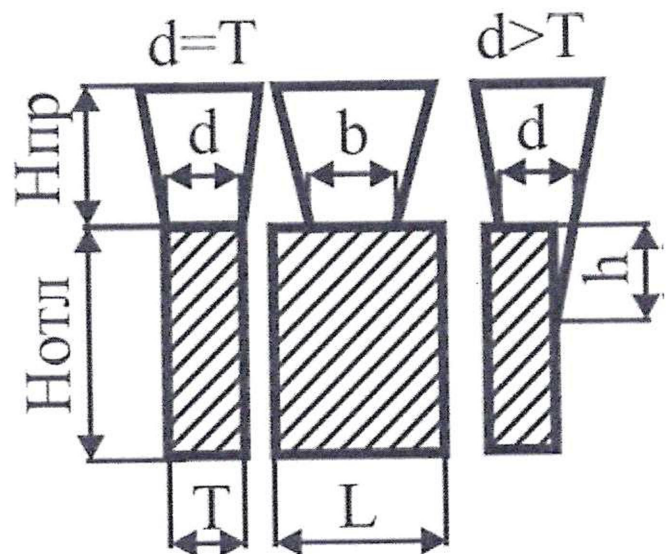
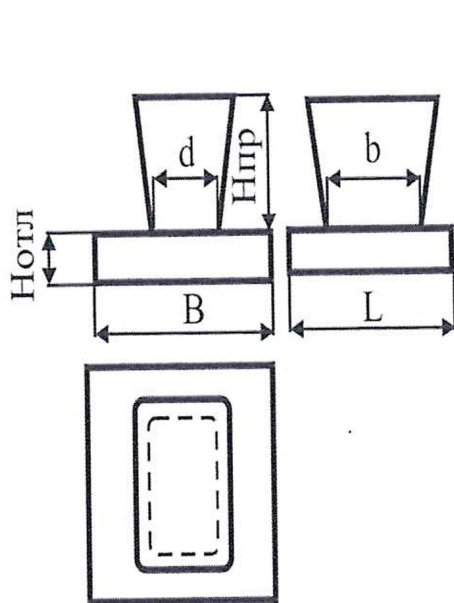


Рис. 1. Первая схема питания отливок      Рис. 2. Вторая схема питания отливок



Таблица 1.

Соотношение размеров отливки и прибыли для первой схемы питания (рис. 1.)

<b>T, мм</b>	<b>d/T</b>	<b>H<sub>пр</sub>/d</b>	<b>Относительная протяженность прибылей, %</b>
50	1,8... 2,5	1,8... 1,2	20,0... 40,0
100	1,6... 2,5	1,6... 1,2	20,0... 40,0
150	1,5... 2,0	1,5... 1,2	22,5... 42,5
200	1,3... 1,6	1,5... 1,1	24,0... 44,0
250	1,3... 1,5	1,4... 1,1	25,0... 50,0
300	1,25... 1,5	1,25... 1,0	25,0... 57,5
500	1,2... 1,5	1,1... 0,95	38,0... 62,0

Если прибыли устанавливаются на вертикальные стенки (рис. 2.) соотношения их размеров принимают из табл. 2.

Таблица 2.

Соотношения размеров отливки и прибыли для второй схемы питания (рис. 2.)

<b>T, мм</b>	<b>H<sub>отл</sub> / T</b>	<b>d/T</b>	<b>H<sub>пр</sub>/d</b>	<b>Относительная протяженность прибылей, %</b>
50	3	1,4... 2,3	1,5... 1,9	40... 100
50	5	1,5... 2,4	1,6... 2,0	40... 100
50	10	1,6... 2,4	1,8... 2,2	40... 100
50	20	1,75... 2,0	3,0... 4,0	45... 100
50	30	2,3... 2,7	3,2... 4,0	50... 100
100	3	1,4... 1,7	1,8... 2,2	40... 100
100	5	1,5... 1,8	2,0... 2,5	40... 100
100	10,0	1,6... 2,0	2,2... 3,5	45... 100
100	20	1,7... 1,9	3,5... 4,5	50... 100
100	30	1,9... 2,2	4,2... 5,0	55... 100
200	3	1,4... 1,7	1,4... 1,6	45... 100
200	5	1,5... 1,75	1,5... 1,8	45... 100
200	10	1,6... 1,9	1,8... 2,6	50... 100
300	5	1,4... 1,7	1,5... 1,7	50... 100
300	10	1,5... 1,8	1,8... 2,7	50... 100

#### 4.10. Выбор конструкции литниковой системы, требования, предъявляемые к ним

Одним из условий получения качественной отливки является правильное устройство литниковой системы. Она служит для плавного подвода расплава в полость литейной формы. Литниковая система влияет на качество отливок, поэтому является ответственной частью технологического процесса.

На рис. 6 представлен эскиз литниковой системы для стальных отливок, где располагается:

- 1) Воронка – приемник расплава;
- 2) Стояк – вертикальный канал, присоединенный к чаше;
- 3) Литниковый ход – элемент литниковой системы, служащий для подачи металла в питатели, либо непосредственной в полость формы;
- 4) Питатели – каналы, служащие, непосредственно, для подачи металла в форму.

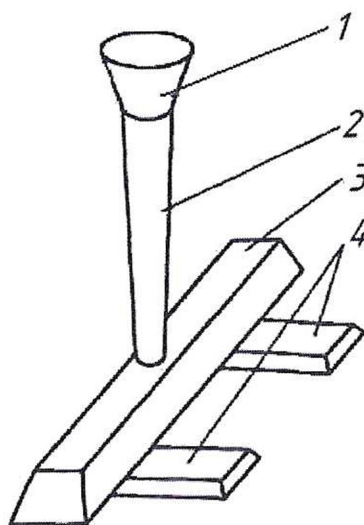


Рисунок 6 – Литниковая система

Существует различная подача расплавленного металла через литниковую систему в полость формы, она может осуществляться сверху, по разъёму и снизу.

Правильная конструкция литниковой системы должна обеспечивать непрерывную подачу расплава в форму по кратчайшему пути; спокойное и плавное её заполнение; улавливание шлака и других неметаллических включений; создание направленного затвердевания отливки; минимальный расход металла на литниковую систему; не вызывать местных разрушений формы вследствие большой скорости и неправильного направления потока



металла.

Коэффициент выхода годного металла — это отношение массы годных отливок к массе жидкого сплава, израсходованного на отливку, литники, прибыли, на бракованные отливки и скрап (брызги, всплески, остатки в ковше). Коэффициент выхода годного металла всегда меньше единицы и в среднем составляет при производстве массивных отливок простого очертания, например, плит, изложниц, 0,85—0,95; отливок простой конфигурации из стали 0,75—0,85; крупных чугуновых машиностроительных отливок 0,65—0,75; крупных стальных машиностроительных отливок 0,55—0,65; мелких чугуновых отливок 0,45—0,55; мелких стальных отливок 0,35—0,45.

Коэффициент выхода годного — важный показатель совершенства технологии. Необходимо стремиться повысить коэффициент выхода годного, сокращая расход металла на литники, прибыли, брак отливок.

#### 4.11. Определение количества отливок в форме. Выбор габаритов опок и их конструкций

Для изготовления формы целесообразно выбрать опоки прямоугольного сечения. Где  $L$  - длина,  $B$  - ширина опоки. В табл. 17 приведены рекомендуемые расстояния между моделями и элементами формы.

Высота верхней опоки согласно ГОСТ должна быть не менее 100 мм.

В таблице 17 приведены рекомендуемые расстояния между моделями и элементами формы

Таблица 17- Рекомендуемые расстояния между моделями и элементами формы

Масса отливки, кг	от верха модели до верха опоки $M$	от низа модели до низа опоки $h_2$	от модел и до стенок опоки, $a$	от кромки стояка до стенки опоки, $c$ .	Между кромками моделей, $d$	от кромки шлакоул. до кромки модели $b$
До5	40	40	30	30	30	30
5-10	50	50	40	40	40	30
10-25	60	60	40	50	50	30
25-50	70	70	50	50	60	40
50-100	90	90	50	60	70	50
100-250	100	100	60	70	100	60
250-500	120	120	70	80	-	70
500-1000	150	150	90	90	-	120
1000-2000	200	200	100	100	-	150
2000-3000	250	250	125	125	-	200

3000-4000	275	275	150	150	-	225
4000-5000	300	300	175	175	-	250
5000-10000	350	350	200	200	-	250
Более 10000	400	400	250	250	-	250

При выборе отливки в форме следует руководствоваться следующими соображениями:

-верхние части и поверхности отливки при заливке сплавом будут в большей степени поражены газовыми, песчаными и шлаковыми включениями;

-рабочие поверхности, плоские поверхности большой протяженности, места, подлежащие механической обработке, и те части, которые при эксплуатации

#### 4.12. Холодильники, требования, предъявляемые к ним

Холодильниками называют металлические вставки, которые устанавливают в литейную форму для ускорения охлаждения массивных частей отливки. Холодильники, обладая большей теплопроводностью и теплоемкостью, чем материал стенок песчаных форм и стержней, выравнивают скорость охлаждения в тонких и толстых частях отливки, а также создают направленное затвердевание.

Различают внутренние и наружные холодильники. Наружные холодильники располагаются в самой форме, изготавливаются из чугунов СЧ 18-36 и ВЧ 21-40, иногда из сталей.

Внутренние холодильники чаще всего выполняют из того же материала, что и отливки. Непременным условием применения внутренних холодильников является их полное расплавление. Внутренние холодильники устанавливают в труднодоступных массивных частях.

#### 4.13. Режим заливки формы

Заливку форм принято вести с некоторым увеличением температуры, сверх температуры ликвидуса. С увеличением температуры увеличивается заполняемость формы, но увеличивается возможность возникновения некоторых дефектов в отливке.

Нижний предел температуры стали определяется возможностью получения отливки без недоливов и газовых раковин. Скорость заливки может компенсировать ее низкую температуру. При низкой температуре стали и высокой скорости заливки, охлаждение отливки происходит быстро, структура отливки получается плотной, а усадочная раковина – минимальной.

Пример:

Заливку отливки «Коронка» осуществляют с помощью стопорного ковша объёмом 5 тонн. Температура заливки должна соответствовать 1550–1570°С.



#### 4.14. Определение времени выдержки отливки в форме

Выдержка отливок в форме обеспечивает частичное или полное устранение причин, разного рода дефектов.

Время выдержки в форме тонкостенных отливок может быть доведено до минимальных величин, так как они быстро затвердевают.

Продолжение выдержки определяется температурой, при которой отливка выбивается из формы. Эта температура является равной 150-200 °С.

На рисунке, приведен график для определения времени выдержки в зависимости от массы отливки и толщины тела.

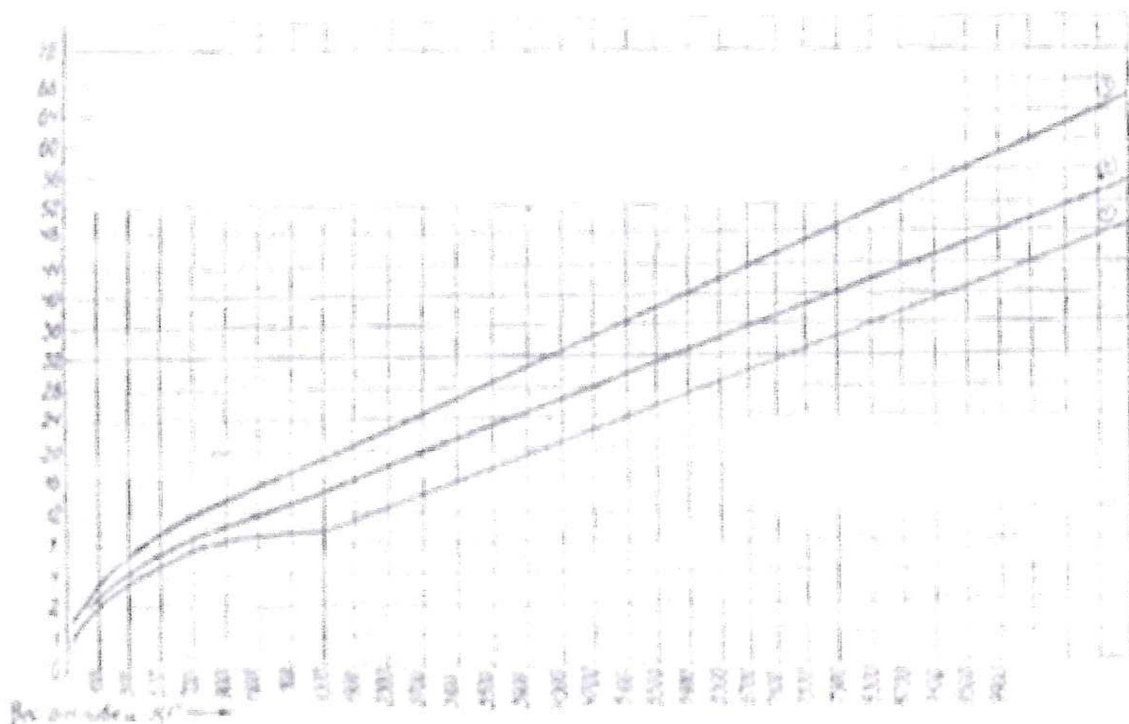


Рисунок 1. График для определения времени выдержки в зависимости от массы отливки и толщины тела.

#### 4.15. Выбивка, обрезка, обрубка прибылей, очистка отливок

К числу финишных операций относят выбивку, очистку, обрубку, зачистку отливок, их термическую обработку, контроль и исправление дефектов. Трудоемкость финишных операций составляет более трети трудоемкости всего процесса изготовления отливки. Объем этих работ в большей степени зависит от качества формовочных материалов, качества форм и стержней, состояния модельно-опочной оснастки.

В механизированных цехах применяют специальное оборудование, комплексное механизированные и автоматизированные установки для выбивки отливок и удаления стержней.

После выбивки отливку обрубают, т.е. удаляют литниковую систему, прибыли, выпоры, заливки металла, которые образуются по месту разъема полуформ и около стержневых знаков. Литники отбивают молотком сразу после выбивки; прибыли на остальных отливках удаляют газокислородными резаками. Для обрубки используются ленточные и дисковые пилы и различные прессы.

После выбивки все отливки зачищают для удаления остатков прибылей, литников и мелких заливок. Зачистку производят пневматическими зубилами, шарошками, шлифовальными кругами и другими способами.

Для удаления пригоревшей смеси и улучшения качества поверхности отливки очищают, дробеметным, гидropескоструйным или электрохимическим способами.

Дробеметная очистка состоит в бомбардировке поверхности очищаемой отливки потоком дроби, выбрасываемой дробеметным аппаратом. При этом достигается достаточно высокая чистота поверхности и происходит поверхностное упрочнение (наклеп) металла отливки.

#### **4.16. Назначение режима термической обработки**

Термической обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры.

Термическая обработка используется либо в качестве промежуточной операции для улучшения обрабатываемости давлением, резанием, либо как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень свойств детали.

Общая длительность нагрева металла при термической обработке складывается из времени собственно нагрева до заданной температуры и времени выдержки при этой температуре. Время нагрева зависит от типа печи, размеров деталей, их укладки в печи; время выдержки зависит от скорости протекания фазовых превращений.

Нагрев может сопровождаться взаимодействием поверхности металла с газовой фазой и приводить к обезуглероживанию поверхностного слоя и образованию окалины. Обезуглероживание приводит к тому, что поверхность деталей становится менее прочной и теряет твердость.

При нагреве и охлаждении стали происходят фазовые превращения, которые характеризуются температурными критическими точками. Принято обозначать критические точки стали буквой А. Критические точки А1 лежат на линии PSK (727 °С) диаграммы железо-углерод и соответствуют превращению перлита в аустенит. Критические точки А2 находятся на линии MO (768 °С), характеризующей магнитное превращение феррита. А3



соответствует линиям GS и SE, на которых соответственно завершается превращение феррита и цементита в аустенит при нагреве.

#### **4.17. Контроль качества отливок**

Основным документом, в соответствии с которым производят контроль, является чертеж отливки, а также государственные стандарты, стандарты предприятий и другие документы, регламентирующие изготовление отливок. Отливка должна иметь конфигурацию и размеры, соответствующие чертежу. Она не должна иметь внешних и внутренних дефектов. На чертеже указаны размеры, масса отливки, марка сплава.

При контроле отливок проверяют состояние поверхности и внешний вид, размеры, механические свойства, в том числе твердость металла, химический состав, структуру металла, наличие внутренних дефектов. В зависимости от требований, предъявляемых к отливке, контролируют все перечисленные параметры или некоторые из них.

Контроль отливок по этому параметру осуществляет контролер литейного цеха, проверку других параметров ведут в лабораториях цеха или завода. Проверку механических свойств, проводят на образцах, вырезаемых из отливки, или на образцах, изготовляемых из специально отлитых из того же металла проб. На крупных отливках для этой цели выполняют приливы, после литья отливки прилив отделяют от нее, изготавливают из него образец и подвергают его механическим испытаниям. Химический состав сплава определяют в процессе планки и у готовых отливок. Структуру металла контролируют по образцам, вырезанным из отливки или ее приливов.

Наличие внутренних дефектов проверяют на целых отливках или отдельных ее частях.

При контроле состояния поверхности и внешнего вида каждую отливку оценивают на соответствие ее чертежу по конфигурации; проверяют наличие внешних литейных дефектов: недоливов, спаев, перекосов, трещин, раковин, пригара; проверяют правильность обрубки литников, прибылей, качество зачистки заливок, заусенцев, очистки от формовочной смеси, особенно в углах и «карманах» отливки.

При контроле внешнего вида отливки рассортировывают на группы. В первую группу относят отливки без каких-либо видимых дефектов. Это годные отливки по внешнему осмотру. Ко второй группе относят отливки с небольшими дефектами, которые легко можно исправить, например отливки, у которых плохо зачищено место обрубки литниковой системы, не полностью выбиты стержни. Это годные отливки, но требующие доработки.

Третья группа — отливки с небольшими дефектами, например перекосами. Годность таких отливок определяет технолог литейного цеха,

иногда совместно с технологом механического цеха. Четвертая группа — отливки, требующие исправления брака, заварки трещин, наварки плоскости для оформления требуемого размера и т. д. К пятой группе относят неисправимый брак.

Основными причинами несоответствия размеров отливок, являются: отклонения размеров модельного комплекта, износ моделей и стержневых ящиков, неточность сборки формы, повреждение формы при извлечении модели или установке стержня, отклонение температуры отливки от заданной при термической обработке, механические повреждения, возникшие при выбивке, обрубке, очистке и перемещении.

Для предупреждения несоответствия размеров отливок по вине модельной оснастки последнюю тщательно проверяют. Обязательна проверка первой партии отливок, полученных по новой оснастке.

**Механические испытания отливок.** Их проводят для определения прочности, пластичности сплавов. Мерой прочности служит также твердость металла.

**Прочность** — свойство сплава сопротивляться разрушению под воздействием внешних сил.

**Пластичность** — способность сплава не разрушаться при значительных остаточных деформациях. Мерой пластичности служит относительное удлинение сплава перед разрушением его при испытании на прочность растяжением. Прочностные и пластические характеристики сплавов контролируют на испытательных машинах. Свойства сплавов воспринимать ударные нагрузки определяют разрушением образцов на специальном маятниковом копре.

**Твердость** — свойство сплава сопротивляться внедрению в него другого тела. Твердость сплава в литом состоянии определяют на прессе Бринелля вдавливанием в отливку стального закаленного шарика. Мерой твердости сплава является величина нагрузки, отнесенная к площади отпечатка от шарика.

В химической лаборатории проводят контроль соответствия состава металла отливки паспортным значениям. Контроль содержания углерода в стали проводят, как правило, ускоренным методом. Анализ сплава в процессе плавки позволяет своевременно повлиять на состав сплава, откорректировать химический состав сплава перед разливкой.

В последнее время на заводах нашей страны стали использовать автоматические установки для контроля химического состава разнообразных сплавов. Для анализа сплава по всем основным компонентам требуются считанные минуты. Содержание малых добавок (десятые и сотые доли процента) в сплаве определяют на установках спектрального анализа.

Его проводят для установления структуры металла, для контроля



распределения в металле различных кристаллических фаз, проверки наличия неметаллических включений, пор и т. д. Для анализа готовят образцы со шлифованной или полированной поверхностью. Макроанализ проводят изучением поверхности шлифа невооруженным глазом или при небольшом увеличении. Микроанализ проводят при большом увеличении, используя оптические, а также в отдельных случаях и электронные микроскопы.

#### **4.18. Виды дефектов, методы устранения**

Во время заливки и затвердевания отливок могут появиться дефекты, которых достаточно много. По ГОСТ 19200-80 дефекты отливок из чугуна и стали подразделяют на пять основных групп: несоответствие геометрии, дефекты поверхности, несплошности в теле отливки, дефект включения, несоответствие по структуре. Необходимо тщательно контролировать все этапы не только заливки, но и производства в целом.

Дефекты несоответствие отливки по геометрии:

Недолив – дефект в виде неполного образования отливки вследствие незаполнения полости литейной формы металлом при заливке;

Неслитина – дефект в виде произвольной формы отверстия или сквозной щели в стенке отливки, образовавшихся вследствие неслияния потоков металла пониженной жидкотекучести при заливке;

Обжим – дефект в виде нарушенной конфигурации отливки, возникающей вследствие деформации формы из-за механических воздействий до или во время заливки;

Подутость – дефект в виде местного утолщения отливки вследствие распирающего неравномерно или недостаточно уплотненной песчаной формы заливаемым металлом;

Перекося – дефект в виде смещения одной части отливки относительно осей или поверхностей другой части по разьему формы, модели или опок вследствие их неточной установки и фиксации при формовке и сборке;

Стержневой перекося – дефект в виде смещения отверстия, полости или части отливки, выполняемых с помощью стержня, вследствие его перекося;

Разностенность – дефект в виде увеличения или уменьшения толщины стенок отливки вследствие смещения, деформации или всплывания стержня;

Стержневой залив – дефект в виде залитых металлом отверстия или полости в отливке из-за не проставленного в литейной форме стержня или его обрушения;

Коробление – дефект в виде искажения конфигурации отливки под влиянием напряжений, возникающих при охлаждении, а также в результате неправильной модели;

Незалив – дефект в виде несоответствия конфигурации отливки чертежу

вследствие износа модели или недостаточной отделки формы;

Зарез – дефект в виде искажения контура отливки при отрезке литников, обрубке и зачистке;

Вылом – дефект в виде нарушения конфигурации и размера отливки при выбивке, обрубке, отбивке литников и прибылей, очистке и транспортировании;

Прорыв металла – дефект в виде неполного образования или неправильной формы отливки, возникающей при заливке вследствие недостаточной прочности формы;

Уход металла – дефект в виде пустоты в теле отливки, ограниченной тонкой коркой затвердевшего металла, образовавшейся вследствие вытекания металла из формы при слабом ее креплении;

Дефекты поверхности отливки:

Пригар – дефект в виде трудно отделяемого специфического слоя на поверхности отливки, образовавшегося вследствие физического и химического взаимодействия формовочного материала с металлом и его окислами;

Спай – дефект в виде углубления с закругленными краями на поверхности отливки, образованного не полностью слившимися потоками металла с недостаточной температурой или прерванного при заливке;

Ужимина – дефект в виде углубления с пологими краями, заполненного формовочным материалом и прикрытого слоем металла, образовавшегося вследствие отслоения формовочной смеси при заливке;

Нарост – дефект в виде выступа произвольной формы, образовавшегося из загрязненного формовочными материалами металла вследствие местного разрушения литейной формы;

Залив – дефект в виде металлического прилива или выступа, возникающего вследствие проникновения жидкого металла в зазоры по разъемам формы, стержней или по стержневым знакам;

Засор – дефект в виде формовочного материала, внедрившегося в поверхностные слои отливки, захваченного потоками жидкого металла;

Плена – дефект в виде самостоятельного металлического или окисного слоя на поверхности отливки, образовавшегося при недостаточно спокойной заливке;

Просечка – дефект в виде невысоких прожилок на поверхности отливки, возникших вследствие затекания металла в трещины на поверхности формы или стержня;

Окисление – дефект в виде окисленного слоя металла с поверхности отливки, получившийся после отжига отливок из белого чугуна на ковкий чугун;

Поверхностное повреждение – дефект в виде искажения поверхности,



возникшего при выбивке отливки из формы, очистке и транспортировании;

Складчатость – дефект в виде незначительных гладких возвышений и углублений на поверхности отливки, возникающих вследствие пониженной жидкотекучести металла;

Грубая поверхность – Дефект в виде шероховатости поверхности с параметрами, превышающими допустимые значения;

Газовая шероховатость – дефект в виде сферообразных углублений на поверхности отливки, возникающих вследствие роста газовых раковин на поверхности раздела металл-форма;

Дефекты несплошности в теле отливки:

Горячая трещина – дефект в виде разрыва или надрыва тела отливки усадочного происхождения, возникшего в интервале температур затвердевания. Примечание. Горячая трещина располагается по границам кристаллов, имеет неровную окисленную поверхность, на которой иногда видны дендриты;

Холодная трещина – дефект в виде разрыва тела затвердевшей отливки вследствие внутренних напряжений или механического воздействия. Примечание. Холодная трещина обычно имеет чистую светлую или с цветами побежалости зернистую поверхность;

Газовая раковина – дефект в виде полости, образованной выделившимися из металла или внедрившимися в металл газами;

Усадочная раковина – дефект в виде открытой или закрытой полости с грубой шероховатой иногда окисленной поверхностью, образовавшейся вследствие усадки при затвердевании металла;

Песчаная раковина – дефект в виде полости, полностью или частично заполненной формовочным материалом;

Шлаковая раковина – дефект в виде полости, полностью или частично заполненной шлаком;

Залитый шлак – дефект в виде частичного заполнения литейной формы шлаком;

Усадочная пористость – дефект в виде мелких пор, образовавшихся вследствие усадки металла во время его затвердевания при недостаточном питании отливки;

Газовая пористость – дефект в виде мелких пор, образовавшихся в отливке в результате выделения газов из металла при его затвердевании;

Рыхлота – дефект в виде скопления мелких усадочных раковин. Примечание. Рыхлота обнаруживается при механической обработке отливки или методами дефектоскопии;

Дефекты включения:

Металлическое включение – дефект в виде инородного металлического включения, имеющего поверхность раздела с отливкой;

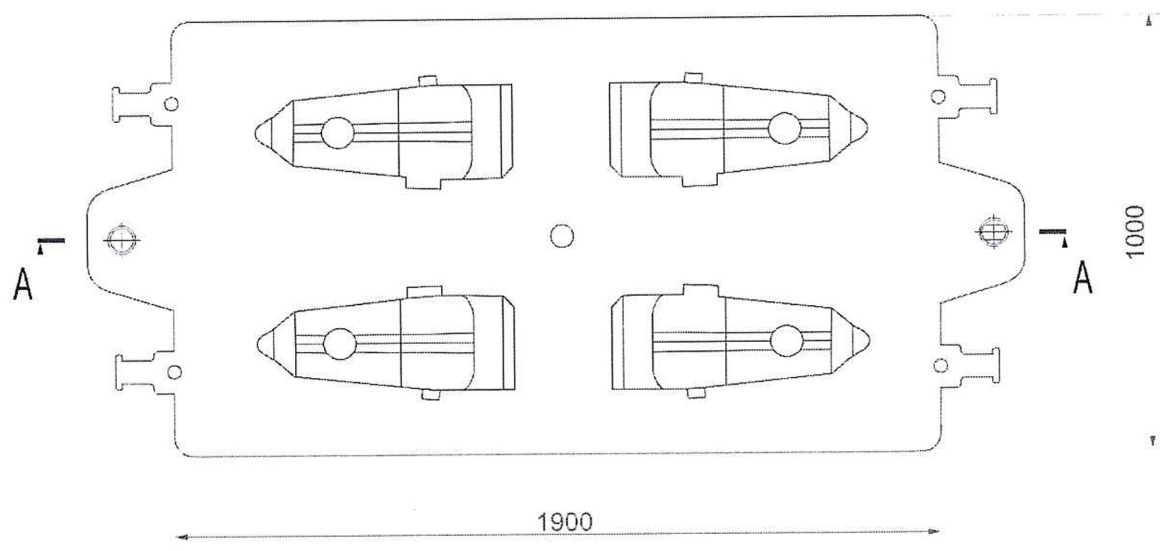
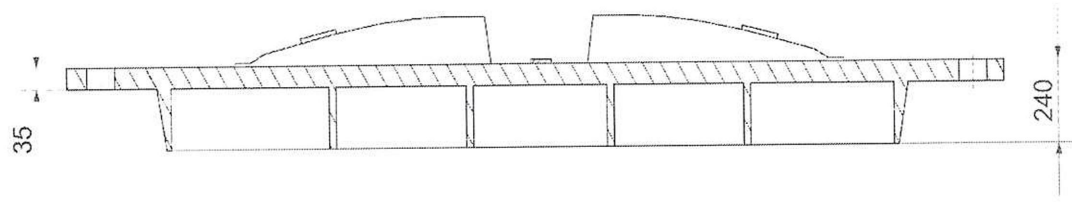
Неметаллическое включение – дефект в виде неметаллической частицы, попавшей в металл механическим путем или образовавшейся вследствие химического взаимодействия компонентов при расплавлении и заливке металла;





АПТ.ДП.22.02.03.485.2020.ГЧ

A-A



Имя	№	Полн. и отчество	Всер. инст. №	Имя	№	Фамилия	Полн. и отчество
-----	---	------------------	---------------	-----	---	---------	------------------

Лист	№	Всего	Дата	Вид
Лист	1	1		
Имя	Давыдов			
И. Копия				
Рецензент	Борисенко			
И. Копия	Слажанина			
Имя				

АПТ.ДП.22.02.03.485.2020.ГЧ		
Расположение модели на плите	Лист	Масса
	Лист	Масса
ЛПЧЦМ - 485		



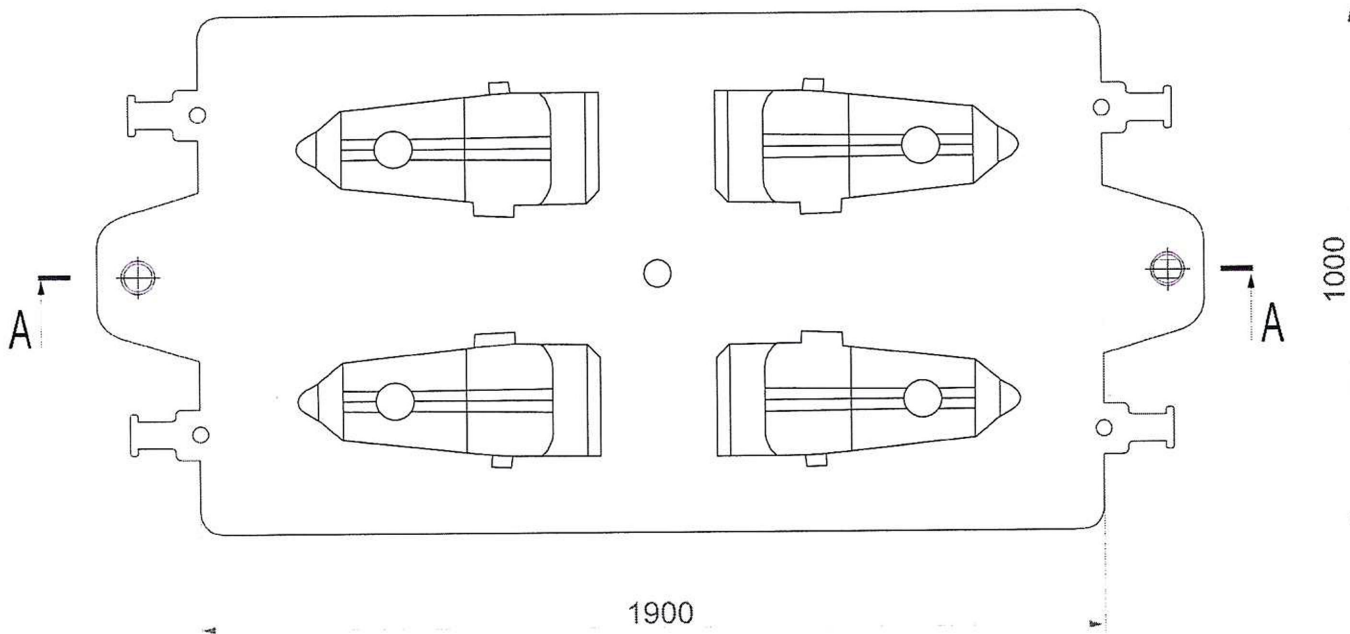
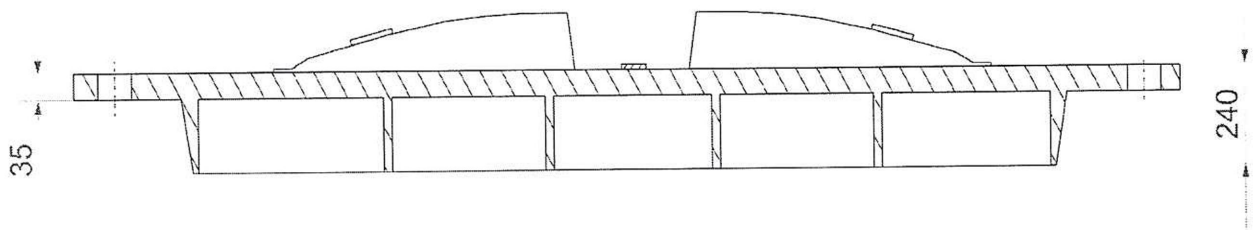








A-A



Контр. № подл. Подст. и дата  
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подст. и дата

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ	Петренко		
Проект	Даворятский		
Т. Контр.			
Реценз	Борисенко		
Н. Контр.	Слажакина		
Утв.			

АПТ.ДП.22.02.03.485.2020.ГЧ

Расположение модели на плите

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	
ЛПЧЦМ - 485		