Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)
Нижнетагильский машиностроительный техникум

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина Нижнетагильский технологический институт (филиал)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 04F68F4800BAAF089A41E9E818D88D757D
Владелец: ФГАОУ ВО "УРФУ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА", УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, УРФУ, УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА
Действителен: с 03.03.2023 до 19.04.2024

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ В. В. Потанин
«13» 04 2023 г.

Методические рекомендации
по выполнению и защите
курсового проекта

ПМ 01 Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из чёрных и цветных металлов

программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов
базовой подготовки

2023

Методические рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности СПО 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской федерации от 21 апреля 2014 года № 357 (базовой подготовки), рабочей программы профессионального модуля 02 Разработка технологических процессов и проектирование изделий.

Организация разработчик: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Нижнетагильский технологический и институт Нижнетагильский машиностроительный техникум

Разработчик: преподаватель НТМТ Пронина К. В.
(ФИО)

Методические рекомендации обсужден и одобрен на заседании цикловой комиссии машиностроения и технологии материалов
от 12.04.23 протокол № 3

Председатель ЦК _____И. В. Семухина

Комплект контрольно-оценочных средств рассмотрен и ободрен на заседании и Методического Совета НТМТ

Протокол № 1 Председатель Методического
«13» 04 2023. Совет _____
В. В. Потанин

1 Содержание и организация выполнения курсового проекта

1.1 Этапы выполнения курсового проекта

Подготовка и защита курсового проекта состоят из следующих этапов:

1. Подбор и ознакомление с литературой по заданной теме.
2. Составление плана курсового проекта и согласование его с руководителем.
3. Изучение отобранной литературы, ГОСТов и действующей практики расчёта и конструирования сварных конструкций.
4. Сбор и обработка фактического материала в сочетании с литературными источниками.
5. Технологические расчёты массы отливки, габаритов опок, размеров сечений ЛПС, расчет груза, шихты и баланс металла.
6. Написание пояснительной записки объёмом, примерно, 40…50 страниц и графической части в объёме одного листа, выполненной в соответствии с требованиями ЕСКД.
7. Написание тезисов доклада для защиты курсового проекта.
8. Защита курсового проекта.

1.2 Примерный план курсового проекта.

Пояснительная записка должна содержать:

Титульный лист

Бланк задания на КП

Содержание

Введение

1 Характеристика литой детали

1.1 Выбор способа литья и типа производства

2 Разработка технологического процесса

2.1 Конструирование модельно-литейной оснастки

2.2 Эскиз отливки

2.3 Расчет припусков и определение массы отливки

2.4 Приготовление формовочных и стержневых смесей, покрытий

2.5 Изготовление форм и стержней

2.6 Выбор положения отливки в форме, определения их количества, расчет размеров опок

2.7 Конструирование и расчет литниково-питающей системы

2.8 Расчет груза

2.9 Расчет количества формовочной и стержневой смеси

2.10 Выбор способа сборки форм, вентиляция форм

2.11 Расчет шихты, баланс металла

2.12 Плавка и заливка сплава

2.13 Выбивка, обрубка, очистка

2.14 Термическая обработка

2.15 Контроль качества

2.16 Мероприятия по предупреждению дефектов, способы устранения

3 Охрана труда и окружающей среды

Вывод

Список литературы

Приложения. Технологические карты

Графическая часть должна содержать:

- чертеж отливки,
- элементы литейной формы
- форма в сборе.

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

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится, например:

1 Типы и основные размеры

1.1
1.2
1.3 } Нумерация пунктов первого раздела документа

2 Технические требования

2.1
2.2
2.3 } Нумерация пунктов второго раздела документа

Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

3 Методы испытаний

3.1 Аппараты, материалы и реактивы

3.1.1
3.1.2
3.1.3 } Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела документа

3.2 Подготовка к испытанию

3.2.1
3.2.2
3.2.3 } Нумерация пунктов второго подраздела третьего раздела документа

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву русского или латинского алфавитов, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

а)_____

б)_____

1)_____

2)_____

в)_____ (Измененная редакция, Изм. N 1).

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков

не имеют.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении рукописным способом - 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела - 2 интервала, при выполнении рукописным способом - 8 мм. При выполнении текстовых документов автоматизированным способом допускается применять расстояния, близкие к указанным интервалам. (Измененная редакция, Изм. N 1).

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

В документе (части, книге) большого объема на первом (заглавном) листе и, при необходимости, на последующих листах помещают содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров листов (страниц).

Если документ разбит на части (книги), то в конце содержания первой части (книги) перечисляют обозначение и наименование (при наличии) остальных частей (книг). Содержание включают в общее количество листов данного документа (части, книги).

Слово "Содержание" записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

В конце текстового документа перед листом регистрации изменений допускается приводить список литературы, которая была использована при его составлении. Выполнение списка и ссылки на него в тексте – по ГОСТ 7.32. Список литературы включают в содержание документа.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная. Допускается вместо сквозной нумерации страниц применять нумерацию страниц в пределах каждого раздела документа следующим образом:

Изложение текста документов

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово "минус"); - применять знак " " для обозначения диаметра (следует писать слово "диаметр"). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак " - применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), (больше или равно), (меньше или равно), (не равно), а также знаки N (номер), % (процент);

- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одного документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,50; 1,75; 2,00 м.

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры.

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Пример - Плотность каждого образца ρ, кг/м , вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

Где m - масса образца, кг;

V- объем образца, м^3 .

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Оформление иллюстраций и приложений

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается "Рисунок 1".

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т.д.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение" и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово "обязательное", а для информационного - "рекомендуемое" или "справочное". 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, Ь, Ы, Ъ. После слова "Приложение" следует буква, обозначающая его последовательность. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

Допускается в качестве приложения к документу использовать другие самостоятельно выпущенные конструкторские документы (габаритные чертежи, схемы и др.).

Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей слева без отступа.

При переносе части таблицы на туже или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы. Пример подписания таблицы представлен ниже.

Таблица 1 – Химический состав стали 20ФЛ

20ФЛ	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	V
				не более					
	0,17–0,25	0,80–1,20	0,30–0,50	0,30	0,30	0,30	0,050	0,050	0,07–0,13

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена "Таблица 1" или "Таблица В.1", если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово "таблица" с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово "Таблица" указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова "Продолжение таблицы" с указанием номера (обозначения) таблицы в соответствии с рисунком 1. При подготовке текстовых документов с использованием программных средств надпись "Продолжение таблицы" допускается не указывать.

Таблица 1 - Температурные режимы сушки материалов

Наименование материала	Время, ч		Максимально допустимый перепад температур, °С
	подъема температуры	выдержки	
1. 2.			

Продолжение таблицы

Таблица

Наименование материала	Время, ч		Максимально допустимый перепад температур, °С
	подъема температуры	выдержки	
3. 4			

Примечание - Здесь (и далее) таблицы приведены условно для иллюстрации соответствующих требований настоящего стандарта.

2.2 Требования к оформлению списка литературы

В ПЗ обязателен "Список литературы", который должен включать все использованные источники в порядке следования ссылок в тексте; он оформляется с соблюдением требований ГОСТ 7.1-2003.

2.3 Требования к оформлению приложений

Приложения располагаются в конце ПЗ и даются в порядке следования ссылок на данные приложения в тексте. Каждое приложение начинают с новой страницы с указанием в правом верхнем углу слова "Приложение" с соответствующей сквозной нумерацией (например: "Приложение 1; 11 "Приложение 2" и т. д.)

– Те же требования к защите, что и на оценку «5», но студент допускает незначительные ошибки в докладе и ответах на дополнительные вопросы.

Оценка «3» («удовлетворительно»):

– Выступления студента демонстрирует отсутствие системности и целостности знаний по дисциплине.

– Невысокий уровень усвоения и владения понятиями и терминами.

– Студент затрудняется при анализе, не может обобщать и делать самостоятельно выводы.

– Речь технически сформирована слабо.

– Студент не способен к самоанализу и самооценке.

Оценка «2» («неудовлетворительно»):

– Доклад студента свидетельствует о том, что он не ориентируется по теме курсового проекта, не владеет понятиями и терминами.

– Студент не может объяснить принцип работы приспособления.

– На вопросы преподавателя студент либо не отвечает, либо отвечает не верно.

5. Основные рекомендации по выполнению расчетов и разработке технологии изготовления отливки

5.1 Разработка технологических указаний на отливку

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 рисунке 2 приведены примеры такой проверки.

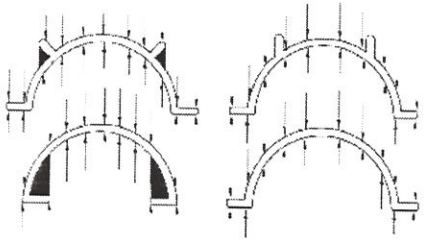


Рисунок 2 - Метод теневого рельефа нетехнологичные (*а*) и технологичные (*б*) конструкции деталей

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.

Внутренние полости и отверстия в отливках.

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. 3)

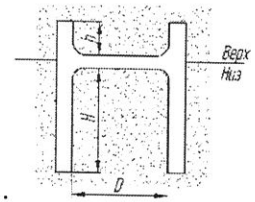


Рисунок 3 - Размеры выступающих частей опок

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. 4). Для закрывания этих отверстий должны быть установлены соответствующие заглушки.

Дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек (рис. 4, а) крайне нежелательно, так как жеребейки, заливаемые металлом, часто являются причиной брака отливок (газовые раковины, не свариваемость).

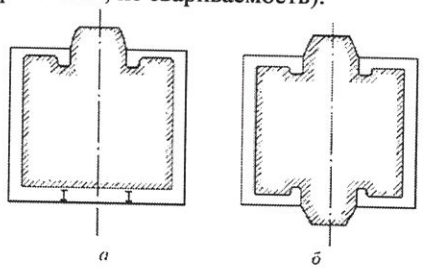


Рисунок 4 - Пример устройства жеребеек и дополнительных отверстий для выхода знака стержня: а – дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек; б– дополнительное устройство отверстия для выхода знака стержня

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.

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.

Определение положения отливки в форме.

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 заливов 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 заливов 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 ($h2 + h3$) и необходимыми запасами между моделью и краем опоки ($h1$, $h4$) (рис. 5).

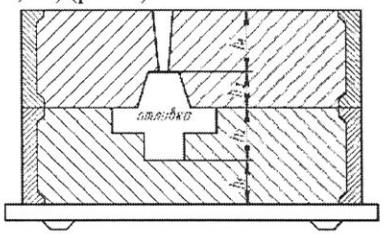


Рисунок 5 – Определение суммарной высоты формы

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. 8). Например, требуется изготовить отливку (рис. 8, *а*), которая обрабатывается только с внутренней поверхности. Возможны три варианта поверхностей разъема формы (рис. 6, *б*, *в*, *г*).

Поверхность разъема, представленная на рис. 6, *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.

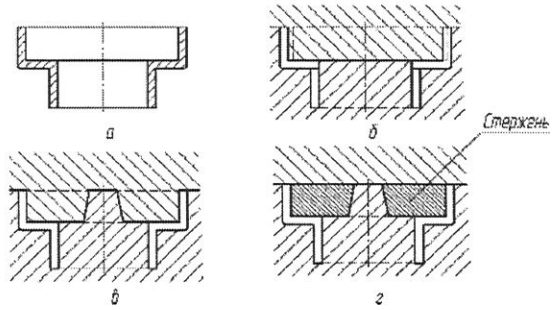


Рисунок 6 - Варианты разъемов формы

Значительное уменьшение влияния сдвига на изменения размеров отливки достигается устройством направляющего «болвана», представленного на рис. 6, *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. 6, *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 участии 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. 7). Эти элементы (например, бобышка 2) должны быть оформлены или стержнями (рис. 7, *а*), или с применением отъемных частей 1 модели (рис. 7, *в*), которые при съеме модели остаются в форме и затем извлекаются из нее (рис.7, *б*).

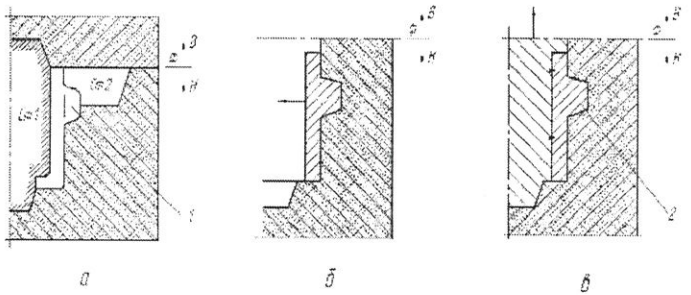


Рисунок 7 – Не извлекаемые части отливки

5.2 Характеристика литой детали

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.

Необходимо отразить сведения о габаритных размерах, массе, преобладающей толщине стенок, сложности конструкции литой детали. Выбор материала, если он не определен в задании, осуществляется студентом исходя из требований, предъявляемых к отливке.

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.

5.3 Выбор способа литья и типа производства

Сначала устанавливают, какой вид литья наиболее подходит для изготовления детали: гравитационное литье, в разовые песчано-глинистые формы или специальные способы литья. Указанными способами можно изготовлять 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, такие, как габариты отливки и характер производства.

Тип производства можно определить по таблице 8.

Таблица 8 – Определение типа производства

Группа отливок по массе	Масса отливки, кг	Годовой выпуск отливок (шт), одного наименования при различных типах производства				
		единичной	мелкосерийном	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	1 000 - 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	—

Основными видами получения отливок литьем являются – литье в землю (песчано-глинистые формы)80%, литье в кокиль12…14%, литье в оболочковые формы12…14%, литье под давлением 9…12%, литье по выплавляемым моделям 2,5…10%

На выбор формы, размеров и метода получения отливки большое влияние оказывают материал, конструкция, размеры, функциональное назначение детали, тип производства и другие факторы.

Цель этого этапа проектирования – выбор оптимального способа получения отливки, позволяющего в данных производственных условиях свести к минимуму

технические и экономические затраты, позволяющие снизить себестоимость изготовления детали и, соответственно, повысить её конкурентоспособность.

Рационально подобранный способ литья в значительной мере предопределяет технологический процесс изготовления детали, сводя к минимуму число обрабатываемых поверхностей детали, величину снимаемых припусков, количество переходов и операций механической обработки и т.д.

Способ литья выбирают с учётом класса точности отливки, требований к ней, серийности производства и технических возможностей цеха. При выборе способа производства отливки в первую очередь принимают во внимание результаты анализа заказа и технологичности детали.

При этом определяющим фактором является серийность производства.

Трудности выбора способа литья усугубляется тем, что большую часть отливок можно получить несколькими способами, которые в равной степени обеспечивают требуемые свойства литой детали. В этом случае решающим фактором, указывающим на наиболее рациональный технологический процесс производства заданного числа отливок, является экономичность. Получение отливок в сырых формах экономически целесообразно. Литьё в сырые песчаные формы имеет следующие преимущества:

– отсутствие дорогостоящего оборудования;

– применение получения отливок из любых сплавов;

– сравнительно невысокие затраты на оснастку и приспособления;

– возможность получения отливок любой массы и размеров;

– обеспечение необходимых эксплуатационных свойств (прочность, износостойкость);

– невысокая трудоёмкость процесса.

Литейное производство позволяет получить самые сложные формы деталей с минимальными материальными затратами, с минимальной трудоемкостью.

Литьё в песчаную литейную форму – литьё металла, осуществляемое заливкой литейной формы, изготовляемой из песчаной формовочной смеси.

Оно позволяет получить отливки очень больших размеров и из любых сплавов. Качество обрабатываемых поверхностей обеспечит механическая обработка, которая технологически заложена в припусках.

При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют литье в сырые песчаные формы, изготовляемые на формовочных машинах.

При выборе способа производства отливки необходимо руководствоваться следующими основными требованиями:

- получение качественных отливок заданной конфигурации и размеров с наименьшим процентом брака;
- обеспечение необходимых эксплуатационных свойств отливок;
- минимальная трудоемкость процесса, экономное расходование основных и вспомогательных материалов, энергии и топлива;
- снижение расхода жидкого сплава;
- снижение объема механической обработки.

Таблица 9 – Классификация стальных и чугунных отливок по массе

Материал отливки	Масса отливки, кг	Характеристика отливок
Сталь углеродистая	до 2	мелкие
Сталь углеродистая	2–50	средние
Сталь углеродистая	св. 50	крупные
Сталь низколегированная	до 3	мелкие
Сталь низколегированная	3–70	средние
Сталь низколегированная	св. 70	крупные
Чугун серый	до 2	мелкие
Чугун серый	2–50	средние
Чугун серый	св. 50	крупные

В соответствии с изложенными требованиями студент должен выбрать целесообразный способ изготовления отливки и дать краткое обоснование этого решения. В данном случае курсовой проект предполагает процесс изготовления отливки в песчаной форме, поэтому студент должен обосновать применение ручной или машинной формовки, сырой, сухой или подсушиваемой формы, применение той или иной модельно-литейной оснастки и т.п.

После выбора способа изготовления отливки производится определение класса точности отливки по ГОСТ Р 53464-2009 и определение припусков на механическую обработку отливки.

Отливки классифицируют по массе, сложности конфигурации и точности размеров

В зависимости от массы чугунные и стальные отливки подразделяют на мелкие, средние, крупные(табл.9).

Отливки из цветных сплавов по массе классифицируются по девяти группам (таблица 10).

Таблица 10 – Классификация отливок из цветных металлов по массе

Группа	Бронза, латунь, Цинковые сплавы, кг	Алюминиевые сплавы, кг
1		3
1	до0,25	до0,2
2	0,25–1,0	0,2–0,4
3	1–4	0,4–0,8
4	4–10	0,8–1,6
5	10–20	1,6–3,2
6	20–50	3,2–6,3
7	50–200	6,3–12,5

8	200–500	12,5–25
9	св.500	св.25

По сложности конфигурации отливки подразделяют на пять групп.

Первая группа сложности–простые отливки. Отливки преимущественно плоскостные, круглые или полусферические. Наружные поверхности гладкие и прямолинейные с наличием невысоких ребер, отверстий, выступов и углублений. Внутренние поверхности гладкие, без выступов и углублений. Типовые отливки: крышки, рукоятки, вилки, рычаги, диски, грузы, маховики без спиц и др.

Вторая группа сложности–не сложные отливки. Усложнены по сравнению с первой группой наличием на наружных поверхностях криволинейных ребер, буртиков, кронштейнов, фланцев, с отверстиями и углублениями простой конфигурации со свободным широким выходом наружу. Типовые отливки: подставки, плиты, колпаки, маховики со спицами, барабаны для мельниц, буксы, железнодорожные колеса и др.

Третья группа сложности–отливки средней сложности. Отливки открытой коробчатой, сферической, полусферической, цилиндрической и другой формы. Наружные поверхности криволинейные и прямолинейные с нависающими частями ребер, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями и углублениями сравнительно сложной конфигурации.

Значительные части поверхности могут выполняться стержнями. Типовые отливки: блоки с литой канавкой, матрицы, звездочки, шестерни и зубчатые колеса с литыми и нарезными зубьями диаметром до 3 м, корпуса, крышки, основания для редукторов, суппорты для металлорежущих станков и др.

Четвертая группа сложности– сложные ответственные отливки. Отливки закрытой и частично открытой коробчатой цилиндрической формы. Наружные и внутренние поверхности имеют сложную конфигурацию. Многие части поверхностей выполняются стержнями. Типовые отливки: столы, корпуса и основания металлорежущих станков, салазки и ползушки, станины прессов и молотов и др.

Пятая группа сложности–особо сложные, особо ответственные отливки. Отличается от четвертой группы отливок сложной конфигурацией с криволинейными поверхностями, пересекающимися под различными углами с выемками, выступами, расположенными в два и более яруса, с затрудненным выходом внутренних полостей. Типовые отливки: передние бабки и усложненные станины металлорежущих станков, станины молотов, сложные корпуса центробежных насосов, компрессоров дизелей и др.

С учетом точности фасонные отливки характеризуются классом размерной точности, степенью коробления, степенью точности поверхностей, классом точности массы.

Нормы точности отливок: классы размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, классы точности масс, а также ряды припусков на обработку для различных технологических процессов и условий изготовления и обработки отливок даны в приложениях1–7 ГОСТ Р 53464-2009.

Технические требования на отливку (ТТ) задаются на основании ТТ детали.

Состав ТТ, их количественные и качественные показатели зависят от служебного назначения детали и условий её работы в сборочной единице. В качестве ТТ практически всех рабочих чертежей деталей выступают точность размеров (их квалитеты), точность формы и расположения поверхностей детали, шероховатость поверхности. Кроме этого во многих рабочих чертежах представлены требования по твердости, термообработке, гальваническим и лакокрасочным защитным и декоративным покрытиям, методам неразрушающего контроля и многое другое. При анализе ТТ необходимо тщательно разобраться в сути каждого пункта текстовых записей ТТ, которые приводятся с правой стороны над штампом рабочего чертежа. Следует досконально разобраться в приведенных ТТ – что представляет собой каждое требование, что оно означает, для чего оно указано в чертеже и что произойдет, если оно не будет выполнено. Определяют правомерность назначения конструктором заданных величин отклонений размеров, формы поверхностей или их расположения

Выбор сплава

Все металлы подразделяются на два класса:

- черные;
- цветные.

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

Цветные металлы подразделяют на тяжелые (Cu, Pb, Sn, Ni и др.), легкие (Al ,Mg и др), редкие(W, Md), 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

Химический состав стали, чугуна отливки должен соответствовать таблице 11 согласно ГОСТ 22703-2012.

Таблица 11 - Химический состав стали

Марка стали, чугуна	Содержание элементов по массе, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	V

				Не более	

Литейный сплав должен обеспечивать требуемые эксплуатационные свойства детали. Сплав должен обеспечивать получение заданных свойств отливки (физических, механических и т.д.), а также обладать хорошими литейными свойствами (высокой жидкотекучестью, стабильной усадкой, несклонностью к ликвации и образованию внутренних напряжений и трещин). Отливки должны быть термически обработаны.

Механические свойства стали отливок после окончательной термической обработки должны быть не менее указанных в таблице 12

Таблица 12-Механические свойства стали деталей

Марка стали	Временное сопротивление σ_B,МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести σ_T МПа (кгс/мм^2)	Относительное удлинение δ %	Относительное сужение Ψ, %	Ударная Вязкость KCU, кДж/м^2 (кгс*м/см^2)

5.4 Разработка технологического процесса

Конструирование модельно- литейной оснастки

К модельно-стержневой оснастке относят: модели, стержневые ящики, модельные плиты с моделями и элементами литниковой системы и другое технологическое оснащение, используемое для изготовления литейной формы. Модельно-стержневая оснастка служит для формирования внутренних и внешних поверхностей отливки. От точности ее изготовления зависит точность отливки.

Согласно ГОСТ 3212-92 установлены девять классов точности 1 - 9 изготовления модельных комплектов, которые взаимоувязаны с допусками размеров отливок по ГОСТ Р 53464-2009. Класс точности модельного комплекта назначается в соответствии с классом точности размеров отливки. В Российской Федерации действует ГОСТ Р 53464-2009.Сопряжение стенок отливки, также как и модели, должны быть плавными, т. е. скругленными. Скругления внутренних углов называют галтелями, наружных –закруглениями. Галтели и закругления облегчают удаление модули из формы, уменьшают возможность появления трещин и усадочных раковин в отливках. Величину радиуса галтели (закругления) определяют по формуле: r = (1/3-1/5)1\2 S1+ S2), мм, где S1 и S2 – толщины сопрягаемых стенок отливки, мм.

Формовочные уклоны придаются рабочим поверхностям модели для удобства извлечения из формы. Они придаются вертикальным поверхностям модели не имеющим конструктивных уклонов в направлении извлечения их из формы. Величины этих уклонов на модели выполняем согласно ГОСТ 3212-92и они составляют от 0° 45'. Формовочные уклоны назначают в тех случаях, когда деталь не имеет конструктивных уклонов, обеспечивающих свободное извлечение модели из формы. Существует три возможных варианта выполнение уклонов: путем увеличения размеров отливки («в плюс») на обрабатываемую поверхность сверх припусков на механическую обработку; путем одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки («в плюс–минус») на не обрабатываемых поверхностях, которые не

сопрягаются с другими деталями, или при толщинах стенок не более 12мм; путем уменьшения размеров отливки («в минус») на необрабатываемых поверхностях, сопрягаемых с другими деталями, или при толщинах более 12мм.

При литье в разовые песчано-глинистые формы при крупносерийном и массовом производстве отливок получают литые отверстия диаметром свыше 20 мм, при серийном–свыше 30 мм и мелкосерийном, и единичном свыше 50 мм

Обрабатываемые отверстия не круглого профиля выполняют литьем, если диаметры вписанных окружностей соответствуют приведенным выше нормам.

Выступы и выемки шириной более 25 мм и глубиной свыше 6 мм на мелких и средних отливках выполняют литьем.

Выбор и назначение величины припусков на усадку диаметров литых отверстий.

Усадкой называется свойство металлов и сплавов уменьшать объем при затвердевании и охлаждении. Изменение линейных размеров отливки, вызванное усадкой сплава, называется линейной усадкой. Литейная усадка отличается от линейной тем, что она зависит не только от свойств и состояния металла и сплава, но и от конфигурации отливки, ее размеров, формовочных материалов, температуры заливки формы и других факторов. Различают усадку свободную и затрудненную.

Свободную усадку имеют отливки простой конфигурации. Отливки с большим числом стержней имеют затрудненную усадку, так как стержни препятствуют свободной усадке.

Отливки соответствуют размерам чертежа в тех случаях, когда при изготовлении модели правильно учитывается литейная усадка. На основании практических и литературных данных рекомендуемые величины усадки для отливок из различных сплавов приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Величина усадки для отливок из различных сплавов

Наименование материала отливок	Усадка, %	
	затрудненная	свободная
Серый чугун:		
мелкие отливки	0,9	1,0
средние и крупные отливки	0,8	0,9
очень крупные отливки	0,7	0,8
специальные цилиндрические отливки:		
по длине	0,8	0,9
по диаметру	0,5	0,7
Модифицированный чугун	0,9	1,3
Чугун с шаровидным графитом	1,0	1,5
Углеродистые и низко легированные конструкционные стали	1,3-1,7	1,6-2,0
Высоколегированные хромистые стали	1,0-1,4	1,3-1,7
Феррито-аустенитные стали	1,5-1,9	1,8-2,2
Аустенитные стали	1,7-2,0	2,0-2,5
Оловянные бронзы	1,2	1,4
Без оловянные бронзы	1,6-1,8	2,0-2,2
Цинковые латуни	1,5-1,7	1,8-2,0
Кремнистые латуни	1,6-1,7	1,7-1,8

Марганцевые латуни	1,8-2,0	2,0-2,3
Алюминиевые сплавы	0,8-1,0	1,0-1,2

Расчет припусков, определение массы отливки

Обработку наносят на чертеж там, где стоят знаки

Припуски на механическую обработку (√).

Величина припусков зависит от габаритных размеров обрабатываемой поверхности, и от положения ее при заливке. Величина припуска определяется по таблице 14.

Таблица 14- Основные припуски на обработку отливок резанием

Допуск размеров отливок, мм	Основной припуск для рядов, мм					
	1	2	3	4	5	6
до 0,12	0,2-0,4	-	-	-	-	-
0,13-0,16	0,3-0,5	0,6-0,8	-	-	-	-
0,17-0,20	0,4-0,6	0,7-1,0	1,0-1,4	-	-	-
0,21-0,24	0,5-0,7	0,8-1,1	1,1-1,5	-	-	-
0,25-0,30	0,6-0,8	0,9-1, 2	1,2-1,6	1,8-2,2	2,6-3,0	-
0,31-0,40	0,7-0,9	1,0-1,3	1,4-1,8	1,9-2,4	2,8-3,2	-
0,41-0,50	0,8-1,0	1,1-1,4	1,5-2,0	2,0-2,6	3,0-3,4	-
0,51-0,60	0,9-1,2	1,2-1,6	1,6-2,2	2,2-2,8	3,2-3,6	-
0,61-0,80	1,0-1,4	1,3-1,8	1,8-2,4	2,4-3,0	3,4-3,8	4,4-5,0
0,81-1,00	1,1-1,6	1,4-2,0	2,0-2,8	2,6-3,2	3,6-4,0	4,6-5,5
1,01-1,20	1,2-2,0	1,6-2,4	2,2-3,0	2,8-3,4	3,8-4,2	4,8-6,0
1,21-1,60	1,6-2,4	2,0-2,8	2,4-3,2	3,0-3,8	4,0-4,6	5,0-6,5
1,61-2,00	2,0-2,8	2,4-3,2	2,8-3,6	3,4-4,2	4,2-5,0	5,5-7,0
2,01-2,40	2,4-3,2	2,8-3,6	3,2-4,0	3,8-4,6	4,6-5,5	6,0-7,5
2,41-3,00	2,8-3,6	3,4-4,5	3,6-4,5	4,2-5,0	5,0-6,5	6,5-8,0
3,01-4,00	3,4-4,5	3,8-5,0	4,2-5,5	5,0-6,5	5,5-7,0	7,0-9,0
4,01-5,00	4,0-5,5	4,4-6,0	5,0-6,5	5,5-7,5	6,0-8,0	8,0-10,0
5,01-6,00	5,0-7,0	5,5-7,5	6,0-8,0	6,5-8,5	7,0-9,5	9,0-11,0
6,01-8,00	-	6,5-9,5	7,0-11,0	7,5-11,0	8,5-12,0	10,0-13,0
8,01-10,0	-	-	9,0-12,0	10,0-13,0	11,0-14,0	12,0-15,0
10,1-12,0	-	-	10,0-13,0	11,0-14,0	12,0-15,0	13,0-16,0
12,1-16,0	-	-	13,0-15,0	14,0-16,0	15,0-17,0	16,0-19,0
16,1-20,0	-	-	-	17,0-20,0	18,0-21,0	19,0-22,0
20,1-24,0	-	-	-	20,0-23,0	21,0-24,0	22,0-25,0
24,1-30,0	-	-	-	-	26,0-29,0	27,0-30,0
30,1-40,0	-	-	-	-	-	34,0-37,0
40,1-50,0	-	-	-	-	-	42,0
50,1-60,0	-	-	-	-	-	50,0

Примечание. Значения основных припусков относятся к поверхностям отливки, находящимся при заливке снизу или сбоку, припуск на верхние поверхности допускается увеличивать до значения, соответствующего следующему ряду.

При более высокой точности размеров допускается увеличение основного припуска до ближайшего большего значения из того же ряда. На обрабатываемых поверхностях, расположенных при заливке сверху, допускается увеличивать припуск до значения, соответствующего следующему ряду припусков.

Таблица 15- Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья (ГОСТ)

Способ литья	Максимальный размер отливки, мм	Тип металла и сплава		
		цветные с температурой плавления ниже 700°С	цветные с температурой плавления выше 700°С, серый чугун	ковкий, высокопрочный и легированный чугун, сталь
Литье под давлением в металлические формы	до 100	3т – 5 / 1	3 – 6 / 1	4 – 7т / 1
	св. 100	3 – 6 / 1	4 – 7т / 1	5т – 7 / 1
Литье в керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	до 100	3 – 6 / 1	4 – 7т / 1 – 2	5т – 7 / 1 – 2
	св. 100	4 – 7т / 1 – 2	5т – 7 / 1 – 2	5 – 8 / 1 – 2
Литье в кокиль и под низким давлением в металлические формы со стержнями и без них; в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	до 100	4 – 9 / 1 – 2	5т – 10 / 1 – 3	4 – 9 / 1 – 2
	св. 100 до 630	5т – 10 / 1 – 3	5т – 10 / 1 – 3	5 – 11т / 1 – 3
	св. 630	5т – 10 / 1 – 3	5 – 11т / 1 – 3	6 – 11т / 2 – 4
Литье в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сырые и сухие песчано-глинистые формы	до 630	6 – 11 / 2 – 4	7т – 12 / 2 – 4	7т – 13 / 2 – 5
	св. 630 до 4000	7– 12 / 2 – 4	8– 13т / 3 – 5	9т – 13 / 3 – 6
	св. 4000	8– 13т / 3 – 5	9т – 13 / 3 – 6	9– 14 / 4 – 6

Примечание. 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 значение – к

сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок

Таблица 16- Допуски линейных размеров отливок, мм (ГОСТ Р 53464-2009)

Номинальный размер	Класс точности размеров отливок										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
до 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
4-6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,46	0,70
6-10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
10-16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
16-25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
25-40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
40-63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
63-100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
100-160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160-250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
250-400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
400-630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,40
630-1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,60
1000-1600	-	-	-	-	-	-	-	1,40	1,80	2,20	2,80
1600-2500	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	2,40	3,20
2500-4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,20	3,60

Номинальный размер	Класс точности размеров отливок										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
до 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
4-6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-
6-10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	-	-	-
10-16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	-	-
16-25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12
25-40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
40-63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
63-100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
100-160	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
160-250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
250-400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
400-630	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28
630-1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32
1000-1600	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36
1600-2500	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40
2500-4000	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	16,0	18,0	22,0	28	36	44
4000-6300	6,0	6,4	8,0	10,0	12,0	20,0	20,0	24,0	32	40	50
6300-10000	-	8,0	10,0	12,0	16,0	24,0	24,0	32,0	40	50	64

Припуск на обработку–толщина слоя металла, удаляемая с поверхности отливки при ее обработке в целях обеспечения заданных размеров формы и шероховатости детали.

Припуски на механическую обработку назначаются в соответствии с ГОСТР 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»

Припуски по своему функциональному назначению подразделяются на три группы:

минимальный литейный припуск на механическую обработку отливки;

общий припуск на механическую обработку поверхностей конструктивных элементов отливки;

технологические припуски на отдельные конструктивные элементы отливки.

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности отливки назначается для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения ее шероховатости при отсутствии необходимости ее размерной или иной точности.

Общий припуск на механическую обработку назначают для устранения погрешностей размеров, формы и расположения поверхности, не ровностей и иных дефектов поверхности, которые формируются при изготовлении отливки. Величина общего припуска должна обеспечивать все операции механической обработки, которые необходимы для достижения параметров и норм точности, назначенных на конструктивные элементы детали.

Технологические припуски–это различные утолщения стенок отливки, приливы и т. п, которые назначаются сверх общего припуска на механическую обработку для решения достаточно различных технологических задач при изготовлении отливки.

Минимальный литейный припуск, его выбор и назначение полностью зависят от такого фактора, как ряд припусков на обработку отливок. В свою очередь определяющим фактором выбора того или иного значения ряда припусков является значение степени точности поверхности отливки.

Минимальный литейный припуск, в случае его назначения, указывается на чертеже отливки в технических условиях. Например:

«Минимальный литейный припуск согласно ГОСТР 53464-2009–1,2 мм на сторону».

Общий припуск на механическую обработку, его выбор и назначение зависят от следующих факторов:

Общего допуска конструктивного элемента отливки (ОДО), подвергаемого механической обработке; ряда припусков на механическую обработку отливки; вида окончательной механической обработки поверхности конструктивного элемента отливки;

Уровня точности механической обработки отливки.

Общий допуск (ОДО) конструктивного элемента отливки совместно учитывает его размерный допуск (ДРО) и допуск на отклонение его формы и расположения поверхности (ДФРО). Чем выше значение ОДО, тем выше значения отклонений реальных припусков размеров конструктивного элемента изготавливаемых отливок.

Вид окончательной механической обработки учитывает во взаимосвязи параметры точности изготовления отливки и детали. Согласно ГОСТР 53464-2009

вводится *4* вида окончательной механической обработки: черновая; получистовая; чистовая; тонкая. Каждый из этих видов обработки учитывает количество проходов при обработке поверхности для обеспечения заданной точности изготовления детали. Чем тоньше вид окончательной механической обработки (черновая получистовая чистовая тонкая), тем больше проходов обработки необходимо сделать для обеспечения точности детали, тем значение припуска должно быть больше.

Согласно ГОСТ Р 53464-2009 устанавливается *4* уровня точности обработки: высокий; повышенный; средний и пониженный. Чем выше уровень точности обработки отливки, тем меньше значение общего припуска на обработку. Уровень точности обработки зависит от степени точности применяемых обрабатывающих станков и степени их автоматизации. Для обрабатывающих станков установлено 2 степени точности: нормальная и высокая.

При проектировании технологического процесса изготовления отливки необходимо установить оптимальные припуски, которые бы обеспечивали заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Установление оптимальных припусков играет важную роль при разработке технологических процессов изготовления деталей. Увеличение припусков приводит к повышенному расходу материала и энергии, введению дополнительных технологических переходов, а иногда и операций. Все это увеличивает трудоёмкость и повышает себестоимость изготовления деталей, а значит и уменьшает конкурентоспособность всего изделия в целом.

Необоснованно уменьшенные припуски не дают возможность удалить дефектные слои материала и достичь заданной точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, что может привести к появлению брака.

Имеются два основных метода определения припусков на механическую обработку поверхности: опытно-статистический и расчетно-аналитический.

В опытно-статистическом методе припуск устанавливают по стандартам и таблицам, которые составлены на основе обобщения и систематизации производственных данных целого ряда производственных предприятий. Припуски на механическую обработку поковок, изготовленных различными методами, и отливок из металлов и сплавов приведены в ГОСТ 7505-89, ГОСТ 7062-90, ГОСТ 7829-70, ГОСТ Р 53464-2009.

После выбора плоскости разъема и решения вопроса о формировании внутренних и внешних поверхностей необходимо выполнить определение допусков и припусков на механическую обработку по ГОСТ Р53464-2009.

Вес припусков на механическую обработку рассчитываем по формуле (1):

$$m = V \cdot \rho \qquad (1)$$

где V– объем припуска, см^3;

ρ – плотность жидкого металла, = 7,8 г/ см^3.

Приготовление формовочной и стержневой смеси, противопригарных покрытий.

Выбор состава формовочной и стержневой смеси

Песчаные формы для получения литых деталей изготавливаются из специальных формовочных смесей. Эти смеси должны отвечать следующим требованиям: быть достаточно огнеупорными и пластичными. Форма,

приготовленная из этих смесей должна быть прочной газопроницаемой и податливой. Кроме того эти смеси должны быть достаточно долговечными и дешевыми. Таким требованиям отвечают смеси имеющие в качестве главных составляющих песок глину и воду.

Основными исходными формовочными материалами являются кварцевые пески Кичигинского и Балашейского месторождений и огнеупорная глина Нижне – Увельского месторождения.

На исходные формовочные материалы существует стандарт предприятия СТО-07518941-78–2014. Стандарт содержит перечень марок материалов с указанием основных химико-физических свойств и технических требований.

Пески должны соответствовать требованиям ГОСТ 2138–91.

Глина огнеупорная по ТУ 14−8−336−80.

Для изготовления стержневых смесей, противопригарных красок применяется кварц молотый пылевидный по ГОСТ 9077–82.

Стекло натриевое жидкое готовят в автоклаве из силикат натрия растворимого по ГОСТ Р 50418-92.

Натрий едкий технический применяют для приготовления жидкого стекла, керамических покрытий и стержневых смесей по ГОСТ 2263– 79.

Связующее литейное марки УСК–1 применяют для приготовления стержневых смесей по ТУ 1993-001-49813111–00.

Лигносульфонаты технические (ЛСТ) марки А применяют в качестве связующего материала стержневых смесей по ТУ 13–0281036–029–94.

Концентрат дистен-силлиманит марки КДСП по ТУ У 14-10-017-98.

Покрытия противопригарные порошковые марки ЭС-1, Эс-2 по *ТУ 2*-043-1132-85.

Для выбора состава формовочных и стержневых смесей и покрытий могут быть использованы заводской опыт, справочные данные, а также рекомендации, где приведены данные по областям применения и требования по прочности различных типов формовочных и стержневых смесей. В СТО-07518941-2010 приведены конкретные составы формовочных и стержневых смесей, противопригарных красок, клеевых составов, разделительных смазок и жидкое стекло. Поэтому в зависимости от марки сплава, характеристики отливки, характера производства, применяемых методов изготовления форм и стержней, класса и размеров стержней можно определить возможные типы смесей.

Выбор конкретного состава формовочной смеси осуществляется в зависимости от требуемой прочности во влажном состоянии, а также рабочей прочности смеси. При этом необходимо учитывать экономические и экологические факторы, требования по выбиваемости смесей и другим технологическим свойствам, вытекающие из условий производства и особенностей изготовляемой отливки.

Для стержней состав смесей выбирается в зависимости от сплава, из которого изготовляется отливка, класса стержня, характера производства, применяемого способа изготовления стержней и других требований. При конкретном выборе состава стержневой смеси необходимо учесть рекомендации по необходимой при данном способе уплотнения смеси прочности во влажном состоянии, а также требования по необходимой рабочей прочности смеси.

В сводной таблице указываются состав применяемых смесей, их влажность и физико-механические свойства в сыром и упрочненном состояниях с обоснованием выбора. В пояснительной записке приводятся и обосновываются составы покрытий, красок, рассчитывается расход смесей на одну отливку и на тонну отливок данного вида.

Изготовление форм и стержней

В пояснительной записке приводится последовательное описание процессов изготовления литейной формы и стержней с краткой характеристикой применяемого оборудования. При этом должны быть отражены мероприятия по вентиляции форм и стержней, повышению податливости стержней, способы нанесения красок и покрытий, режимы сушки форм и стержней.

В разделе описываются применяемые способы подготовки форм и стержней (исправление дефектов литейной формы, окраска, сушка форм и стержней), контроля установки стержней, применяемые шаблоны, особенности сборки литейной формы.

Выбор положения отливки в форме, определение их количества, расчет размеров опок.

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.

Таблица 17- Рекомендуемые расстояния между моделями и элементами формы

Масса отливки, кг	от верха модели до верха опоки h_1	от низа модели до низа опоки h_2	от модели 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 подвергаются наибольшей нагрузке, надо, по возможности, располагать внизу формы. Если это невозможно располагать вертикально или наклонно;

-отливки из сплавов, дающих большую усадку (сталь, цветные сплавы) размещают так, чтобы обеспечить направленное затвердевание (тонкие части отливки – внизу, массивные – вверху, над которыми предусматривают установку прибылей)

- для предотвращения «недоливов» тонких стенок отливки, эти стенки следует располагать внизу, а при отсутствии такой возможности- вертикально или наклонно;

- выбранное положение отливки в форме должно быть удобным для формовки, сборки форм, расположения прибылей;

-формы для отливок, имеющих конфигурацию тел вращения, лучше заливать в вертикальном положении;

Разъем форм предусматривается для обеспечения возможности извлечения модели после изготовления формы. Разъем модели необходим для удобства формовки. Разъем оформляется плоскостью, которая может быть прямой или сложной в зависимости от конфигурации отливки.

Выбор плоскости разъема

Технологичность получения отливки определяется правильности выбора плоскости разъема. Разъем литейной формы целесообразно совместить с разъемом модели.

На чертеже отливки), показан штрих пунктирной линией, заканчивающий знаками «х-----х», а направление разъема – сплошной основной линией (со стрелками), перпендикулярной линии разъема.

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) Н (низ).

Положение стержня в форме фиксируется его знаками, т.е. опорными выступающими частями стержня, не омываемыми жидким металлом. От геометрической формы знаков, расположения и размеров зависит возможность обеспечения конструктивной прочности стержней, удержания последних в заданном положении и вывода газов из них непосредственно после заливки формы, когда стенки отливки не успели еще затвердеть.

В зависимости от положения стержня при сборке литейной формы стержневые знаки подразделяются на горизонтальные и вертикальные. Конструкция и размеры стержневых контрольных знаков, а также гарантированные зазоры с формой регламентируются по ГОСТ 3212-92 «Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневыезнаки, допуски размеров» Уклоны на знаковых поверхностях должны соответствовать указаннымвГОСТ3212-92.

Для удобства сборки между знаками литейной формы и стержня предусматривают зазоры. При определении технологических зазоров следует учитывать класс точности модельного комплекта, материал, из которого он изготовлен, габарит стержня вид формовки.

Конструирование и расчет литниковой системы

Литниковая система–система каналов и устройств, для подвода в определенном режиме жидкого металла к полости литейной формы, отделения не металлических включений и обеспечения питания отливки при затвердевании.

Проектирование литниковой системы является важным этапом технологического процесса и оказывает значительное влияние на качество и свойства получаемых отливок. Выбором подвода металла и регулирование потоков при заполнении формы можно создавать необходимый режим охлаждения отливки и в определенной мере регулировать ее структуру и служебные свойства. Конструкцию литниковой системы выбирают в зависимости от массы, размеров, конфигурации отливки и материала, из которого она изготовлена. Играет роль также принятое положение отливки в литейной форме и способа формовки.

Литниковая система должна отвечать следующим требованиям:

- заполнять форму металлом за определенное время;
- обеспечивать минимальное количество не металлических и газовых включений в металле;
- создавать рациональный режим затвердевания расплава;
- иметь не большую массу;
- занимать мало места в форме;
- обеспечивать удобство формовки.

Литниковая система состоит из следующих элементов:

- литниковая чаша–элемент литниковой системы для приема струи жидкого металла и направления его движения в литниковый стояк или непосредственно в литейную форму;
- литниковый стояк–элемент литниковой системы в виде ни сходящего от литниковой чаши канала;
- литниковый ход–элемент литниковой системы для подачи жидкого металла из литникового стояка к питателям, применяемый при отсутствии в ней шлакоуловителей;
- питатель–элемент литниковой системы, примыкающий непосредственно к рабочей полости литейной формы;
- выпор–элемент литниковой системы или полости литейной формы для вывода газов, наблюдения за заполнением литейной формы и для питания при усадке затвердевающей отливки жидким металлом.
- прибыль–элемент литниковой системы или полости литейной формы для питания отливки жидким металлом в период затвердевания и усадки.

Выбор места подвода металла и типа литниковой системы

Тип литниковой системы определяется методом подвода металла в полость формы, основные из которых следующие:

- подвод металла сверху;
- подвод металла снизу;
-подвод металла сбоку;
- подвод металла на нескольких уровнях.

Существуют следующие рекомендации по выбору типа литниковых систем:

- подвод металла сверху желателен при изготовлении массивных толстостенных отливок из различных сплавов, сравнительно простой конфигурации, имеющих относительно не большую высоту;
- подвод металла с низу применятся для тонкостенных отливок сравнительно небольшой высоты, имеющих сложную конфигурацию;
- подвод металла сбоку применяется для всех видов литья. Он облегчает изготовление формы, наиболее приемлем для чугунных и стальных отливок;
- подвод металла на нескольких уровнях рекомендуется для отливок, имеющих значительную высоту и сложную конфигурацию.

Литниковые системы подразделяют по гидродинамическому признаку на сужающиеся и расширяющиеся и по направлению течения расплава в полость формы на верхние, боковые и нижние (сифонные).

Для сужающихся литниковых систем характерно последовательное уменьшение площадей поперечных сечений стояка, шлакоуловителя и питателей:

$$f_{ст} > f_{шл} > \sum f_{пит}$$

Наиболее широко эти системы применяют в производстве чугунных отливок.

В расширяющихся литниковых системах узкое место находится в нижнем сечении стояка:

$$f_{ст} < f_{шл} < \sum f_{пит}.$$

Скорость потока от стояка к питателям последовательно снижается, в результате чего металл поступает в полость формы более спокойно, с меньшим разбрызгиванием, меньше окисляясь и размывая стенки формы.

Такие системы применяют при изготовлении отливок из стали, алюминиевых, магниевых и других легко окисляющихся сплавов.

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 чугунных машиностроительных отливок 0,65—0,75; крупных стальных машиностроительных отливок 0,55—0,65; мелких чугунных 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.

Определение размеров элементов литниковой системы имеет большое технико-экономическое значение, так как правильно назначенные размеры литниковой системы позволяют уменьшить расход металла на литники, выпоры, снизить брак отливок.

Задача определения точных размеров литниковой системы в каждом конкретном случае является трудновыполнимой вследствие сложности процессов, происходящих при заполнении формы расплавом. На практике используют упрощенные методы, основанные на следующих допущениях: расплав рассматривают как идеальную жидкость с постоянной вязкостью; охлаждение расплава и нагрев формы при ее заполнении не учитывают; движение расплава рассматривают как установившееся движение тяжелой жидкости по закрытым и открытым каналам формы.

Для определения размеров ЛПС используется способ Озанна-Диттерта методом определения наименьшего поперечного сечения. Площадь сечений питателей Fп определяют в зависимости от способа заливки металла в форму.

Требования, предъявляемые к литниково - питающей системе:

- Расплав должен поступать плавно, без ударов о её стенки и стержни, без завихрений, с заданной скоростью подъёма уровня в форме и последовательным удалением воздуха и газов из формы;
- Подвод расплава должен обеспечить направленное затвердевание отливки с учётом её конструкции и свойств сплава;
- Расплав подводят в тонкое место отливки для выравнивания скорости охлаждения её отдельных частей. Для получения более качественной отливки, уменьшения внутренних напряжений в ней и коробления;
- Подвод расплава в массивное место (при изготовлении отливок с массивными узлами) для того, чтобы в прибыли расплав долгое время оставался в жидком состоянии и питал отливку;
- Расплав не должен заливать знаковых частей стержня и препятствовать выходу газов из стержня формы;
- Скорость подъёма расплава в форме должен быть достаточной для того, чтобы образующиеся газы и воздух, находящийся в полости формы, могли свободно выйти из формы;
- Медленная заливка формы может привести к потере жидкотекучести расплава, не заполнению формы; а в крупных формах с развитой поверхностью зеркала металла – к нагреву стенок формы тепловым излучением расплава, появлению засоров в отливке.
- длина литников должна быть минимальной, чтобы обеспечить лучшее заполнение формы;

Расчет литниковой системы по способу Озанна–Диттерта.

Прежде всего, находят суммарное сечение питателей, а затем размеры остальных элементов литниковой системы – стояка и шлакоуловителя.

Суммарное сечение питателей найдем по формуле:

$$\sum F_n = \frac{G}{\rho \times \tau \times \mu \times \sqrt{2 \times g \times H_p}}, \text{ см}^2 \qquad (2)$$

где G -масса жидкого металла в форме, г;

ρ-плотность расплава, г/см^3;

τ -оптимальное время заполнения формы, с;

μ-коэффициент расхода;

g-ускорение свободного падения, м/с^2;

H_p-расчетный статический напор, см.

Неизвестным в формуле является H_p, μ, τ, G

Расчетный статический напор зависит от размера отливки и определяется из соотношения

при сифонной заливке

$$H_p = H - \frac{C}{2} \qquad (3)$$

при подводе металла по разъему сбоку

$$H_p = H - \frac{C}{8}, \qquad (4)$$

при заливке сверху

$$H_p = H \qquad (5)$$

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

С – высота отливки, см.

Определим массу жидкого металла в форме (G, кг),

$$G = \frac{m_{отл} \times n}{КВГ} \qquad (6)$$

где $m_{отл}$ – суммарная масса отливок в форме, кг;

КВГ – коэффициент выхода годного литья

n- количество отливок в форме, шт.

Рассчитаем оптимальную продолжительность заливки формы. (τ, с): по формуле Г.М. Дубицкого,

$$\tau = S \times \sqrt[3]{\delta \times G} \qquad (5)$$

где s – коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы;

δ – преобладающая или средняя толщина стенки отливки, мм;

G – масса жидкого металла в форме, кг.

Коэффициент S зависит о толщины стенки, массы, конфигурации отливки, а также материала формы.

Таблица 18 Коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы

Толщина стенки отливки,	15	25	40	60	Свыше 60

мм					
S	1,3	1,2	1,1	1,05	1,0

После нахождения оптимальной продолжительности заливки формы необходимо проверить среднюю скорость подъема уровня сплава в полости литейной формы. Она должна быть больше некоторой минимальной величины

$$v_{ср} = C / \tau_{опт}, \qquad (6)$$

где С-высота отливки, мм;

τ -время заполнения формы, с;

Скорость подъема расплава в форме, мм/с., должна быть не менее 10 мм/сек.

Принимаем соотношение сечений элементов литниковой системы для отливок из табл. 20

где ∑Fп- суммарное значение питателей, см^2;

∑Fл.х- суммарное значение литникового хода, см^2;

∑Fст- суммарное значение стояка, см^2.

Таблица 19 Соотношения площадей питателей, литникового хода и стояка

Рекомендуемые отношения	Область применения
∑Fп : ∑Fл.х. : ∑Fст=1 :1,1: 1,5	Для мелких и средних отливок из серого чугуна и медных сплавов
∑Fп : ∑Fл.х. : ∑Fст= 1 :1,2: 1,4	Для крупных отливок из серого чугуна и медных сплавов
∑Fп : ∑Fл.х. : ∑Fст= 1 :1,1: 1,2	Для мелких стальных отливок
∑Fп : ∑Fл.х. : ∑Fст= (1,0-1,5) :1,0: 1,0	Для средних и крупных стальных отливок
∑Fп : ∑Fл.х. : ∑Fст= 3 :2: 1	Для отливок из алюминиевых сплавов
∑Fп : ∑Fл.х. : ∑Fст= 4 :2: 1	Для отливок из магниевых сплавов

Находим коэффициент расхода по формуле:

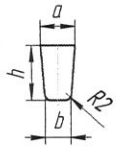
$$\mu = \mu 1 \cdot \mu 2$$

Исследованиями установлено, что коэффициент μ2 зависит прежде всего от конфигурации отливки, количества выделяющихся газов, газопроницаемости и влажности, завихрений и ударов расплава в форме. Значение μ невозможно

подсчитать, поэтому ее принимают для расчета на основании практических данных. Для стальных отливок коэффициент μ составляет 0,32 ÷ 0,38.

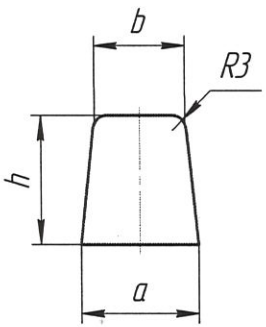
Для стальной отливки принимаем трапецеидальный питатель и из соотношения указанной в таблице 20.

Таблица 20 Размеры трапецеидальных питателей



$F_{пит}$, см^2	a, мм, при h, мм					в, мм, при h, мм				
	3	5	8	12	16	3	5	8	12	16
0,3	11	7	-	-	-	9	5	-	-	-
0,5	18	11	8	-	-	16	9	5	-	-
0,7	25	16	10	-	-	22	12	8	-	-
0,9	31	19	12	-	-	29	17	10	-	-
1,0	35	21	13	-	-	32	19	10	-	-
1,2	41	25	15	-	-	39	22	12	-	-
1,4	48	29	18	12	-	45	26	15	9	-
1,8	61	37	22	15	12	59	34	19	12	9
2,2	75	45	31	19	15	72	42	25	16	12
2,5	85	51	31	21	16	82	49	28	18	13
3,0	95	57	39	25	19	92	54	36	22	16

Таблица 21 Размеры трапецеидальных шлакоуловителей



$F_{л.х.}$, см2	a	b	h
	мм		
1.0	11/-	8/-	11/-
1.3	12/11	10/8	12/14
1.6	14/12	10/9	14/15
2.0	15/15	12/10	15/17
2.5	16/15	13/11	16/19
3.2	18/16	14/12	18/21
4.0	22/18	18/13	22/25
5.0	24/22	19/16	24/27
6.3	26/24	20/18	26/30
8.0	30/26	27/19	30/35
10	34/30	28/22	33/38
12.5	38/34	30/26	38/43

	16.0	42/38	34/29	42/48
	20.0	48/42	38/32	48/52

Примечание. В числителе приведены значения при h =a, в знаменателе при h = 1.25a.

Определяем диаметр стояка:

$$Rст.=\sqrt{\frac{\sum F_{ст}}{\pi}}, \qquad (7)$$

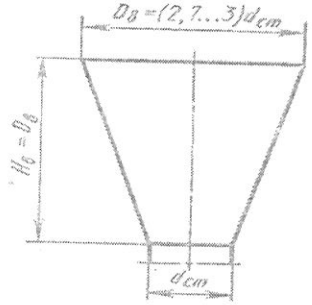
где ∑Fст- суммарное значение стояка, см^2;

π-const=3,14.

Dст.=2 ×Rст.

Принимаем диаметр стояка

Для определения размеров чаши берутся следующие соотношения:



Dч= (2,7……3) ×Dст.

$D_ч= H_в$

Конструирование и расчет прибылей

В литературе предложено много методов расчета прибылей. Среди них можно выделить эмпирические методы, основанные на анализе экспериментальных и производственных данных, и аналитические, полученные на основании исследования упрощенных математических моделей питания отливки с экспериментальной оценкой некоторых параметров. На многих предприятиях применяют собственные инженерные методы расчета прибылей, чаще всего представленные в виде номограмм и таблиц.

Наиболее часто используемый метод расчета прибылей – метод Й. Пржибыла.

Последовательность расчета прибылей по методу Й. Пржибыла сводится к следующему:

Если отливка сложная, то нужно выделить в ней все узлы питания и рассчитать объем каждого из них;

Выбрать тип и конфигурацию прибылей для отливки (для каждого узла питания).

Открытая прибыль–прибыль, верхняя поверхность которой сообщается с атмосферой и выходит на верхнюю поверхность формы.

Закрытая прибыль–прибыль, в которой вся ее поверхность, кроме участка контакта с питаемым узлом, выполняется формой.

По конфигурации прибыли подразделяются на шаровые, полушаровые, конические круглого сечения, конические овального сечения, с формой сечения, приближающейся к горизонтальному сечению узла питания, призматические прямоугольного сечения (рис.3).

По направлению движения расплава при питании отливки из прибыли различают прямые, местные и боковые прибыли.

При питании из прибыли прямого действия сплав, компенсирующий усадку, подается в отливку по кратчайшему пути, что повышает эффективность работы прибыли. Недостаток–большой расход металла.

При применении местных прибылей прямое питание получают только части отливки, находящиеся непосредственно под прибылями.

Дляпротяженныхотливоксбольшимотношениемдлиныктолщинецелесообразно применять боковые прибыли. Такие прибыли применяют также при изготовлении отливок из сплавов, плохо обрабатываемых резанием(сталь110Г13Л,ковкийчугунит.п.).

В основу расчета прибыли по методу Пржибыла положены экспериментальные данные отношения объема усадочной раковины ко всему объему прибыли:

По чертежу отливки производится определение ее термических узлов, требующих принятия специальных мер по обеспечению их питания во время затвердевания отливки. Далее приводится выбор конструкции и расчет прибылей по одному из известных способов.

Рассчитаем объемы прибылей по формуле Й. Пржибыла:

$$V_{пр}=\frac{V_o\cdot\alpha_V\cdot\beta}{1-\alpha_V\cdot\beta}, \qquad (8)$$

где α_V – относительная объемная усадка сплава (для данной стали α_V = =0,045);

β – коэффициент запаса металла в прибыли, равный отношению объема прибыли к объему усадочной раковины в прибыли (для условий задания при применении закрытых прибылей β=7);

V_o– объем питаемого узла, см^3.

Для среднеуглеродистых сталей

β=0,03+0,00016ΔT;

высоко марганцовистой стали110Г13Л

β=0,06+0,0002ΔT;

ковкогочугуна

β=0,025+0,0001ΔT;

сплаваАК12
сплаваАК7ч
$\beta=0,036+0,0007516\Delta T/T_л$;
$\beta=0,039+0,0008\Delta T/T_л$;
латуней:ЛЦ40С1
β= 0,065;ЛЦ17К3
β =0,061;
алюминиевых бронз
β=0,08;
алюминиевых латуней
β=0,09 ;
для магниевых сплавов (МЛ5)
β =0,075.
Здесь ΔТ–перегрев сплава над температурой ликвидуса $T_л$.
Для отливок из стали и высокопрочного чугуна коэффициент β
Можно принять равным:
0,08–0,08длязакрытыхприбылей;
0,10–0,11дляоткрытыхприбылей;
0,11–0,13длятеплоизолированныхприбылей;
0,14–0,17дляобогреваемыхприбылей;
0,13–0,14дляприбылейсповышеннымгазовымдавлением.

Для отливок из медных сплавов β=0,1 для закрытых прибылей, 0,14– 0,18 для прибылей с повышенным газовым давлением и 0,2 для экзотермических прибылей.

Для алюминиевых сплавов значение β можно выбирать в пределах от 0,13 до 0,30. Меньшие значения относятся к закрытым прибылям, большие к экзотермическим.

Последовательность расчета прибылей по методу Й. Пржибыла сводится к следующему:

Выделить в отливке все узлы питания и рассчитать объем каждого из них ($V_{п.у.}$);

Выбрать тип и конфигурацию прибылей для каждого узла питания;

В зависимости от принятой конфигурации прибыли и условий ее охлаждения выбрать значение коэффициента β;

Рассчитать по формуле (2) объем прибыли;

Определить размеры нижнего сечения прибыли, учитывая, что отношение диаметра прибыли $D_{пр}$ к диаметру питаемого узла $D_{п.у}$.должно быть равно 1,15–1,20. При этом для некруглых сечений питаемого узла и прибыли $D_{пр}$ и $D_{п.у.}$ соответствуют диаметрам вписанных окружностей.

Расчет груза

Расплав, заполняющий полость формы, оказывает давление во все стороны. Нижние и боковые стенки формы должны быть достаточно прочными, чтобы противостоять давлению расплава, а верхняя полуформа должна быть прижата к нижней с

определенным усилием чтобы расплав не приподнял её. Стержни, находящиеся в форме испытывают силу действия расплава стремящуюся вытолкнуть их вверх.

Так как, в форме есть омываемый металлом стержень, то общая сила действия(В)металла на верхнюю полуформу складывается из силы(Вф), действующей на внутреннюю поверхность верхней полуформы и силы(Вс), выталкивающей стержень.

$$B = B_Ф + B_c$$

где $B_ф$ и B_c определяются как $B_ф = F \cdot H \cdot \rho$ **(9)** $B_c = V \cdot (\rho - \rho_1)$

где V – объём стержня $дм^3$;

ρ_1 – плотность стержня $кг/дм^3$;

ρ – плотность металла $кг/дм^3$;

F – площадь проекции отливки на горизонтальную плоскость $дм^2$

H – высота столба жидкости дм.

Для предотвращения раскрытия стыка формы и ухода металла на верхнюю полуформу, укладывают груз, а также прибегают к различным способам скрепления опок с помощью скоб, болтов, эксцентриковых зажимов и т.п., для выбора которых необходимо знать усилие $P_{в.п.}$, действующее на верхнюю полуформу. Расчет груза $G_{гр}$ выполняют для определения этого усилия.

$$P_{в.п.} = F * h * p \text{ ,(10)}$$

где F – площадь проекции отливки, $см^2$

h – напор расплава, см

p – плотность расплава = 7,8 $г/см^3$

Рассчитывается подъемная сила, действующая при заливке на верхнюю полуформу, и определяется масса груза для загрузки формы во время заливки. Указывается способ крепления формы (скобы, струбцины, болты, грузы).

Расчет формовочной смеси и стержневой смеси.

Находим объем формы, состоящей их 2-х опок($V_{формы}$)

Находим массу формовочной смеси на 2 опоки

$$M_{форм.смеси\ на\ 2\ опоки} = V_{формы} * p_{смеси}$$

где $p_{смеси}$ – плотность формовочной уплотненной смеси

Для расчета формовочной смеси нужно вычесть из объема опок объем заливаемого металла

$$V_{формы} - V_{заливаемого\ металла}$$

$$M_{форм.смеси\ на\ форму} = V_{формы} * p_{смеси}$$

Выбор способа сборки форм, вентиляция форм

Сборка форм — это процесс соединения, установки и закрепления стержней в форме и частей литейной формы между собой. Для установки стержней применяются жеребейки .

Вентиляция формы производится с помощью наколов, которые наносятся вентиляционной иглой короткой 0322-011 ГОСТ 11800-74.

Вентиляционная игла – это формовочный инструмент, применяемый для изготовления (накалывания) газоотводных каналов в песчаных формах и стержнях.

Вентиляция литейной формы – система специальных отверстий в форме для вывода газов, образующихся в форме при ее заливке металлом

По справочным данным или расчетным путем определяются температура заливки формы, время выдержки отливки в форме до выбивки и средняя температура отливки в момент выбивки. Описываются операции по уходу за формой после заливки (доливка прибылей, раскрепление опок и др.).

Расчет шихты

Расчет шихты заключается в определении весовых соотношений различных ее компонентов, загружаемых в печь для получения сплава заданного химического состава. По заданному химическому составу определяется содержание основных компонентов в 100 кг (1000 кг) сплава, учитывается величина угара элементов при плавке.

Шихту рассчитывают по формуле:

$$К_ш=[К_с/(100—у)\cdot 100\%, \quad (11)$$

где $К_ш$– расчетное содержание компонентов в шихте, %;

$К_с$– заданное содержание компонентов в жидком сплаве, %;

у – угар компонента при плавке, % (по данным предприятия в зависимости от применяемых способов плавки.

Рекомендации по расчету ферросплавов в цехе.

Расчет ферросплавов вести на средне заданный предел данного элемента в готовой стали. Для расчета рекомендуется использовать следующую формулу:

$$Q=\frac{(Э_с-Э_о)\cdot T\cdot 1000}{Э_{эф}\cdot A}, \quad (12)$$

где: Q – расчетное количество ферросплава, кг;

$Э_с$ – среднее содержание элемента в стали, %;

$Э_о$ – остаточное содержание элемента в стали, %;

$Э_{эф}$ – содержание элемента в ферросплаве, %;

Т – вес жидкого металла, т;

А – усвояемость вводимого элемента, равное единице минус принятый угар для этого элемента, разделенный на 100.

Например: для хрома принят угар 20 %, усвояемость «А» составит

$$1-\frac{20}{100}=0{,}80$$

Плавка и заливка форм

Исходные шихтовые материалы

К исходным материалам относятся: металлические материалы, ферросплавы, шлакообразующие, заправочные материалы, топливо. Качество исходных материалов должно быть подтверждено сертификатами или документами их заменяющими.

Таблица 19 - Исходные шихтовые материалы

Наименование материала	Обозначение
1	2
Металлические материалы	
Чугун передельный	ГОСТ 805-80
ПВК1, ПВК2, ПВК3	ТУ 14-2Р-360-2002
Чугун передельно-ванадиевый	ГОСТ 2787-75
Чугунный лом категорий и видов 17А, 18А,19А	
Стальной лом и отходы собственного производства категорий и видов:	ГОСТ 2787-75
2А, 2Б,3 А, 3Б, 4А, 4Б, 7А, 7Б,	ГОСТ 1415-93
12А, 13А, 14А, 9А, 15А, 14Б, Б5,	ГОСТ 4762-93
Б8, Б14, Б38	ГОСТ 4756-91
Ферросплавы	ТУ 14-2Р417-2006
Ферросилиций	ГОСТ 4755-91
Силикокальций	ТУ 14-2Р417-2006
Ферросиликомарганец	ГОСТ 4755-91
Ферросиликомарганец	ГОСТ 4757-91
(брикетированный)	ГОСТ 4759-91
Ферромарганец	ГОСТ 4761-91
Феррохром	ГОСТ 27130-94
Ферромолибден	ГОСТ 849-2007
Ферротитан	
Феррованадий	ТУ 48-5-240-00
Никель	ГОСТ 2138-91
Алюминий первичный	ГОСТ 29220-91
Алюминий вторичный	ГОСТ 24626-81
Шлакообразующие и	ТУ 0763-199-00190437-2004
заправочные материалы	ТУ 1914-001-47665149-06
Боксит	ТУ 14-2Р-361-2004
Песок формовочный	ТУ 14-592-13-97

Концентрат плавиково-шпатовый	ТУ 14-8-173-75
Окатыши флюоритовые	ТУ 0722-003-00186938-2009
Мелочь коксовая	ГОСТ 2787-75
Синтетический науглероживатель марки УГФ	ТУ 0753-002-26282295-00
Известь свеже-обожженная или «недопал»	
Известняк	ГОСТ 24862-81
Шамотный бой, отходы собственного производства	ТУ 0741-031-00186890-99
Железорудные окатыши	ТУ 0741-030-00186890-99
Окалина прокатного и кузнечного производства	ТУ 48-20-54-84
Доломит сырой металлургический	
Порошки переклазовые и переклазо-известковые спеченные для сталеплавильного производства	ТУ 48-4805-101-91
Руда хромовая	ГОСТ 14298-79, ГОСТ 10585-99
Концнетрат хромалюможелезистый фр. 0-4	ТУ 38.401-58-74-2005, ГОСТ 5542-87
Графит измельченный	
Графит искусственный зернистый	
Топливо	
Топливо нефтяное (мазут)	
Топливо котельное (мазут)	
Природный газ	

Для выплавки обычных углеродистых и низколегированных сталей в литейных цехах применяются мартеновские, электродуговые и индукционные печи. Мартеновские печи в сталелитейном производстве применяются при получении крупных стальных отливок. Основную массу стали в литейном производстве выплавляют в электродуговых печах, имеющих следующие преимущества по сравнению с мартеновскими:

- применение электроэнергии позволяет сконцентрировать в сравнительно небольшом объеме значительную мощность и нагревать металл с большой скоростью до высоких температур;
- изменение температуры металла при электроплавке легко поддается контролю и регулированию, что особенно важно при получении отливок;
- электродуговые печи лучше приспособлены для получения металла, содержащего окисляемые легирующие элементы, обеспечивая их наименьший угар;
- электродуговые печи лучше других сталеплавильных агрегатов приспособлены для переработки металлического лома;
- электродуговые печи имеют меньшие габариты по сравнению с мартеновскими и более удобны при размещении в литейных цехах и организации технологического процесса получения отливок.

Несмотря на перечисленные преимущества дуговых электрических печей переменного тока, их применение во многих странах мира становится нерентабельным. Это вызвано их основными недостатками: большими затратами на угар металла, ферросплавов, графитированных электродов; высоким уровнем пылегазовыбросов, которые требуют значительных затрат на экологию; тяжелыми условиями труда (например, интенсивный шум); большими затратами на средства борьбы с фликером, вызывающим помехи в питающей энергосистеме и др. Расширение и сохранение технологических возможностей дуговых сталеплавильных печей и устранение их недостатков делает возможным перевод таких печей на питание постоянным током, разработанный научно-технической фирмой «ЭКТА». Разработанные этой фирмой дуговые печи постоянного тока нового поколения (ДППТНП) позволяют, в сравнении с обычными дуговыми сталеплавильными печами переменного тока:

- снизить расход графитированных электродов до 1,5 кг/т расплава;
- за счет снижения угара шихты увеличить на 40% выход металла при переплаве каждой тонны шихты;
- на 30–85% уменьшить потери ферросплавов;
- в 10–15 раз сократить количество пылегазовыбросов из печи, что позволяет отказаться от затрат на строительство системы пылегазоочистки;
- значительно снизить уровень шума;
- уменьшить на 80% фликер, вызывающий помехи в питающей энергосистеме;
- снизить удельный расход электроэнергии;
- интенсифицировать технологические процессы плавки.

При выборе емкости электродуговой печи нужно учесть, что основную массу стали в литейных цехах выплавляют в печах емкостью 3–12 т (для кислых электродуговых печей рекомендуется емкость 0,5–6 т), для крупных отливок используют электродуговые печи емкостью 25 т. Применение дуговых печей постоянного тока таких емкостей пока ограниченно. В литейных цехах серийного и крупносерийного конвейерного производства обычно устанавливают большое число печей с относительно небольшой массой садки. При этом один конвейер обслуживается 3–4 печами. Электродуговые печи для выплавки стали могут иметь как кислую, так и основную футеровки. Выбор футеровки печи зависит от марки выплавляемой стали и от используемых шихтовых материалов. Среднеуглеродистые и низколегированные стали чаще всего выплавляют в печах с кислой футеровкой. При этом шихта должна быть чистой по сере, фосфору и легирующим элементам, так как кислый процесс выплавки стали наряду с преимуществами (сокращением длительности плавки, уменьшением расхода электроэнергии, электродов и огнеупоров) имеет и недостатки: кислые шлаки в процессе выплавки не обеспечивают рафинирование стали от серы и фосфора.

Технология выплавки стали

Технологический процесс плавки стали в общем случае представляет последовательность следующих операций. В подготовленную сталеплавильную печь загружают шихту, затем ее нагревают, расплавляют. При этом образуются жидкий металл и шлак. При плавке стали в печах постоянного тока из-за низкого угара металла практически не образуется первичный шлак, а при подаче шлакообразующих материалов в течение 2–3 мин формируется шлак высокого качества, который в

условиях интенсивного перемешивания активно взаимодействует с металлом. Далее следует обработка жидкого металла под шлаком, удаление этого шлака. Затем берут пробу металла и доводят сталь до требуемого состава. Во время доводки возможно наведение нового шлака, например с целью удаления вредных примесей. Во всех случаях на заключительном этапе производят раскисление стали. Для получения высококачественных сталей целесообразно модифицировать сталь.

Процесс плавки в кислой печи предполагает протекание кремний-восстановительных реакций и более низкую окислительную способность шлака. В результате получается более низкая концентрация кислорода в металле. Различают две разновидности кислого процесса: кремний-восстановительный (пассивный) и с ограниченным восстановлением кремнием (активный).

При активном процессе плавки в печь подают железную руду, элементы окисляются и происходит восстановление кремния углеродом металла по реакции $(SiO_2) + [2C] = [Si]+\{2CO\}$. При этом содержание углерода, кремния и марганца по ходу плавки уменьшается.

При кремний восстановительном процессе содержание кремния и марганца, наоборот, увеличивается. По окончании расплавления углерода должно быть примерно на 0,8% больше требуемого содержания в стали. Присадку руды дают малыми порциями; известняк добавляют только в начальный период.

Рассмотрим конкретно плавку стали 40ХЛ. Состав металлической шихты для стали 40ХЛ: 58% стального лома, 40% возврата (литники и прибыли отливок) и 2% передельного чугуна. Поскольку кислые шлаки не позволяют проводить рафинирование стали от серы и фосфора, к стальному лому должны предъявляться повышенные требования по содержанию этих элементов, т.е. серы и фосфора в шихте должно быть столько, чтобы по расплавлении и введении FeCr в период доводки их содержание не превышало 0,04%.

Подготовка печи к плавке производится следующим образом. После выпуска предыдущей плавки стали очищаются подина и откосы печи от остатков жидкой стали и шлака, производится осмотр футеровки с целью определения ее состояния. Если имеются выбоины и неровности, местные углубления, производят их заправку смесью песка с жидким стеклом. Заправку производят как можно быстрее, старясь сохранить температуру футеровки после выпуска стали с целью лучшей привариваемости материала заправки.

Шихтовые материалы перед загрузкой взвешивают, мелкую шихту и стружку загружают вниз на подину. Укладка шихты должна быть плотной. Процесс плавки делится на три периода в зависимости от расхода энергии, каждый из которых решает свои задачи. Плавка во все периоды проводится на постоянной мощности дуги.

Первый период – подготовительный. Этот период плавки протекает при высоком напряжении и небольшом токе дуги. Режим дуги позволяет вести расплавление шихты без привязки анодного пятна на расплав. *Второй* период – энергетический, при этом ток дуги удваивают, а напряжение в два раза снижают. Перегрев расплава под дугой во втором и третьем периодах предотвращается тем, что размещение подовых электродов формирует тороидальное вращение металла в вертикальной плоскости, при котором поток металла с большой скоростью подтекает под дугу и уходит вглубь расплава. В этих условиях температурное поле расплава выравнивается за счет интенсивной конвективной теплопередачи через расплав, а

высокая скорость движения металла под дугой не допускает его локального перегрева. *Третий* период – технологический. Плавка в этот период проводится при короткой дуге и низком напряжении. При этом температура расплава плавно увеличивается до заданного уровня и в дальнейшем стабилизируется в требуемых пределах путем кратковременного включения-отключения дуги. В этот период осуществляются все необходимые технологические воздействия на металл.

При полном расплавлении шихты берут пробу металла для экспресс-анализа на C, Mn, S, P. Оптимальное содержание углерода перед началом окислительного периода должно быть 1,15– 1,25%. Для окисления углерода в хорошо нагретый металл присаживают малыми порциями железную руду, после каждой порции дают выдержку 5–10 мин. Продолжительность окислительного периода должна быть не более 40 мин, включая и кипение.

При достижении среднего содержания углерода по заданному анализу шлак должен быть нормальной жидкоподвижности, плотным, тянуться в нить и в изломе иметь зеленый цвет. При нормальном шлаке и достижении требуемого содержания углерода для раскисления металла в ванну присаживают ферросилиций ФС45. При этом ванну тщательно перемешивают. Через 10–15 мин ванну перемешивают вторично и берут пробу на раскисленность металла и температуру. Залитая в стаканчик проба металла, хорошо раскисленная кремнием, не должна искрить; при затвердевании металл должен давать усадку.

Раскисление металла совмещается с доводкой химического состава стали. Поскольку сталь 40ХЛ содержит 0,8–1,1% Cr, то расчетное количество хрома в виде феррохрома вводится во время доводки после первого этапа раскисления. Второй этап раскисления проводится во время выпуска стали из печи путем подачи на желоб дробленого ферросилиция ФС75. Окончательное раскисление стали проводится алюминием, который подается на дно ковша в количестве 1,0–1,2 кг на 1 т жидкой стали

Выбивка, обрубка и очистка отливок

Выбивка отливок – это процесс удаления затвердевших и охлажденных до определенной температуры отливок из литейных форм.

Обрубка отливок — это процесс отделения от отливок элементов литниковой системы, заливов по разъему литейной формы и других неровностей поверхности. При этом используют дисковые и ленточные пилы, газовую или электродуговую резку, пневматические зубила и другое оборудование.

Очистка отливок – это процесс очистки поверхности отливок от пригара, остатков формовочной смеси и стержней.

Описываются применяемый способ выбивки форм и используемое при этом оборудование. Приводится последовательность технологических операций по обрубке, очистке и зачистке отливок. Краткая характеристика средств, применяемых для обрубки и очистки отливок, приведена в прил. 9.

Термическая обработка литья

Термическая обработка сплавов – процесс тепловой обработки сплавов с целью изменения структуры, а, следовательно, и свойств, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке и последующем охлаждением с заданной

скоростью. Также она предназначена для снятия внутренних напряжений, возникающих из-за неравномерности охлаждения отдельных частей отливки, улучшения структуры и однородности химического состава отливки.

Например, для стали 20ГЛ по ГОСТ 22703-2012 используют нормализацию. Нормализация – термическая обработка стали, заключающаяся в её нагреве и последующем охлаждении на спокойном воздухе. Она проводится для повышения механических свойств стали. Нормализация заключается в нагреве доэвтектоидного слоя до температуры, не превышающего точку Ac3 на 500с, а эвтектической стали выше Аст также на 50оС, непродолжительной выдержки для прогрева садки и завершения фазовых превращений и охлаждения на воздухе. Нормализация вызывает полную фазовую перекристаллизацию и устраняет крупнозернистую структуру, полученную при литье. Повышает прочность на 10 – 15 %.

Условия нормализации стали 20ГЛ:

- температура 910 – 930 °С
- выдержка 3– 3,5 часа
- охлаждение на воздухе

Результаты термообработки:

Глубина нормализации 6 мм, σт – 314 МПа, σв – 510 МПа, δ5 – 20 %, φ – 30 %.

Указываются цель и режим термической обработки отливки, описывается структура отливки до и после термической обработки. Предусматриваются мероприятия, предупреждающие коробление и деформацию отливок при термической обработке. Отливки, предназначенные для изготовления зубчатых колес, подвергают термической обработке с целью упрочнения. В зависимости от требуемых механических свойств применяют следующие варианты термической обработки:

- нормализацию + высокий отпуск;
- закалку + высокий отпуск.

Исходя из заданных механических свойств, отливку из стали 40ХЛ следует подвергнуть термической обработке по второму варианту.

Температура нагрева под закалку определяется следующим образом: $T_н=A_{c3}+$ (30–50) °С. Для стали 40ХЛ A_{c3}=825 °С, следовательно, $T_н$=850–860 °С.

Мартенсит закалки в хромистых сталях можно получить, охлаждая отливку в масле, однако прокаливаемость хромистых сталей невелика, и для ее увеличения отливку следует охлаждать в воде.

Поскольку отливка подвергается в процессе работы динамическим нагрузкам, то после закалки ее нужно подвергнуть высокому отпуску ($T_{отп}$=600 °С). Хромистые стали склонны к отпускной хрупкости, поэтому, чтобы предупредить ее появление, охлаждение отливки от температуры отпуска следует проводить в воде.

Контроль качества отливки

Раздел по контролю качества отливок должен включать в себя перечень характеристик, по которым будет производиться сдача-приемка готовых отливок в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями: геометрические размеры, внешний вид, химический состав, механические свойства, структура и т.п. Указывается способ контроля этих параметров: контрольный обмер или разметка (выборочно или от партии), вырезка образцов для механических испытаний из специально отлитых проб, из отливок, вырезка темплетов для

исследования и т. п. Например, в зависимости от назначения и требований, предъявляемых к деталям, стальные отливки разделяются на три группы (прил. 10).

При необходимости могут быть предусмотрены специальные методы неразрушающего или разрушающего контроля: металлографический, рентгеновский, люминесцентный, ультразвуковой, гидро- или пневмоиспытания и др.

Возможные дефекты отливок и меры по их предупреждению и устранению

Описываются наиболее вероятные виды дефектов, которые могут встретиться при изготовлении данной отливки, а также описываются предположительные мероприятия по их предупреждению и способам устранения. При работе над этим разделом следует руководствоваться ГОСТ 19200–80.

Готовые отливки подвергаются окончательному контролю ОТК. Незначительные дефекты на неответственных поверхностях отливок могут быть исправлены. Основным способом исправления дефектов отливок являются: электросварка, газовая сварка. Годные отливки отгружаются потребителям. Отливки, не подлежащие исправлению, возвращаются в мартеновский цех на переплав.

Существуют различные контроли качества:

– Контроль физико-механических свойств оборотной смеси на газопроницаемость, прочность, на сжатие в сыром состоянии, глинистая составляющая, зерновой состав, содержание окислов алюминия, кремния и железа. Контроль всех параметров осуществляется в ЦИИМ (центральная исследовательская лаборатория) 1 раз в смену по графику, утвержденному главным инженером;

– Контроль физико–механических свойств стержневой смеси на газопроницаемость, прочность, на сжатие в сыром состоянии, глинистая составляющая, зерновой состав;

– Контроль выплавки стали в основной мартеновской печи на содержание углерода, марганца, кремния, фосфора, серы, хрома, ванадия, меди, никеля, предел текучести, относительное удлинение, относительное сужение, ударная вязкость;

– Контроль стержней визуально. Проверяет БТК (3 раза в смену) и комплектовщик – 100 %;

– Контроль изготовления полуформ на плотность набивки. Проверяет мастер, БТК.

– Контроль заливки. Проверяет БТК – 100% - по времени пленкообразования;

– Контроль опочной оснастки;

– Контроль модельной оснастки согласно графику, утвержденному главным инженером, путем разметки отливок на соответствие чертежу;

– Контроль термической обработки на качество (структура металла) осуществляется в ЦИИМ;

– Контроль физико-механических свойств отливки в ЦИИМ;

– Контроль качества отливок визуально на наличие дефектов. В случае обнаружения дефектов после термообработки в механических цехах подлежат исправлению, если их размеры не превышают требования соответствующих ТУ.

Кроме промежуточного контроля, производимого на различных стадиях технологического процесса, отливки проходят окончательный контроль для определения соответствия их требованиям технологических условий:

– по внешнему виду (размеры, дефекты);

– химическому составу;

– механическим свойствам (предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость).

При внешнем осмотре проверяют на соответствие размеров отливок размерам чертежа (с помощью скоб, кондукторов, шаблонов и других приспособлений), а также визуальный контроль на наличие на отливке литейных дефектов. Для данной отливки допускаются раковины до 1/5 толщины стенки на необрабатываемых поверхностях.

Контроль химического состава производится по отлитым образцам и проверяют в заводской лаборатории методом спектрального анализа, так как этот способ определения более быстрый.

Контроль механических свойств.

Испытания ведут по специально отлитым образцам (пробам). При контроле данной отливки определяют предел прочности при растяжении и относительное удлинение.

Контроль размерной точности.

Отливки проверяют на соответствие их чертежу. Контроль выполняют на разметочной плите цеха разметчиком линейкой, штангенциркулем, циркулем, рейсмусом, шаблонами и другими измерительными инструментами.

Контроль микроструктуры.

Микроструктуру отливок проверяют по специальным образцам (пробам), на которых изготавливают шлифы.

Контроль качества поверхности отливок.

Проверяют на соответствие технологическим условиям.

Мероприятия по предупреждению дефектов литья. Способы исправления

Качество отливок оценивается в соответствии с требованиями технических условий. Первичный контроль – это внешний осмотр. Отливки без видимых внешних дефектов подвергают чистке, литники отбивают.

Общими характерными дефектами отливок при литье в песчаные формы являются: несоответствие по геометрии, дефекты поверхности, несплошности в теле отливки, включения, несоответствие по структуре.

Несоответствие по геометрии

Недоливы – дефект в виде неполного образования отливки вследствие не заполнения полости формы металлом при низкой температуре расплава перед заливкой, недостаточной скорости заливки, большой газотворности стержней и красок, и плохой вентиляции формы;

Перекос – дефект в виде смещения одной части отливки относительно осей или поверхностей другой части по разъему формы, модели или опок вследствие их неточной установки и фиксации при формовке или сборки.

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

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 оливки чертежу вследствие износа модели или недостаточной отделки формы.

Зарез - дефект в виде искажения контура отливки при отрезке литников, обрубке и зачистки.

Прорыв металла - дефект в виде неполного образования или неправильной формы отливки, возникающий 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

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 неполностью слившимися потоками металла с недостаточной температурой или прерванного при заливке.

Ужимина - дефект в виде углубления с пологими краями, заполненного формовочными материалами и прикрытого слоем металла, образовавшегося вследствие отслоения формовочной смеси при заливке.

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.

Поверхностное повреждение – забоина - дефект в виде искажения поверхности, возникшего при выбивке отливки из формы, очистке и транспортировании.

Несплошности в теле отливки

Горячая трещина - дефект в виде разрыва или надрыва тела отливки усадочного происхождения, возникшего в интервале температур затвердевания.

Холодная трещина - дефект в виде разрыва тела затвердевшей отливки вследствие внутренних напряжений или механического воздействия.

Межкристаллическая трещина - дефект в виде разрыва тела отливки при охлаждении в форме на границах первичных зерен аустенита в температурном интервале распада.

Газовая раковина - дефект в виде полости, образованной выделившимися из металла или внедрившимися в металл газами.

Ситовидная раковина - дефект в виде удлиненных тонких раковин, ориентированных нормально к поверхности отливки, вызванных повышенным содержанием водорода в кристаллизующемся слое.

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

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.

Утяжина - дефект в виде углубления с закругленными краями на поверхности отливки, образовавшегося вследствие усадки металла при затвердевании.

Включения

Металлическое включение - дефект в виде инородного включения, имеющего поверхность, раздела с отливкой.

Неметаллическое включение - дефект в виде неметаллической частицы. Попав

шей в металл механическим путем или образовавшейся вследствие химического взаимодействия компонентов при расплавлении и заливке металла.

Несоответствие по структуре

Ликвация - дефект в виде местных химических элементов или соединений в теле отливки, возникших в результате избирательной кристаллизации.

Флокен (белые пятна) - дефект в виде разрыва тела отливки под влиянием растворенного водорода и внутренних напряжений, проходящего полностью или частично через объёмы первичных зерен аустенита.

Причины возникновения

Утяжины, пористость, трещины из-за недостаточного питания массивных узлов отливки, чрезмерно высокой температуры расплава, нерациональной конструкции литниковой системы;

Трещины вследствие высокой температуры заливки, нетехнологичной конструкции отливки;

Шлаковые включения при использовании загрязненных шихтовых материалов, недостаточном рафинировании сплава перед заливкой, неправильной работе литниковой системы;

Газовая пористость при нарушении хода плавки (использовании загрязненных влагой и маслом шихт, чрезмерно высокого перегрева, недостаточного рафинирования или раскисления сплава).

Для предупреждения брака при термической обработке детали, склонные к короблению подают в печь на специальных поддонах или с применением соответствующих приспособлений.

Основные методы контроля деталей, прошедших термическую обработку:

а) визуальный осмотр поверхности деталей;

б) рентгено-просвечивание;

в) проверка геометрических размеров;

г) определение механических свойств;

д) металлографический анализ.

Образцы, характеризующие качество деталей данной плавки, должны подвергаться термообработке вместе с деталями. В случае несоответствия механических свойств требованиям технических условий детали подвергают вторичной закалке. При неудовлетворительных результатах испытания после повторной термической обработки проводят испытание на образцах, вырезанных из деталей. Общее число термообработок не должно превышать трех.

Исследование микроструктуры позволяет определить качество термообработки, изучить фазовый состав сплава, определить размер, форму и характер распределения вторых фаз, выявить ликвационную неоднородность структуры и др.

6 Содержание и оформление графической части

Виды выполняемых чертежей

- чертеж отливки;
- чертеж элементов литейной формы;
- чертеж собранной формы в состоянии готовности к заливке;

После выполнения чертежа отливки студент руководствуется исключительно размерами, указанными на чертеже детали.

6.1 Оформление чертежа отливки

На чертеже отливки должны быть указаны следующие технологические параметры:

- припуски на механическую обработку (в пределах стандарта);
- литейные формовочные уклоны, если они не даны на чертеже детали;
- заливаемые отверстия;
- специальные литейные приливы (ребра жесткости, площадки для клеймения, образцы на механические испытания) и технологические отверстия;
- черновые базы для механической обработки (согласуются с руководителем).

На этом же чертеже указываются технические требования к отливкам. Кроме того, студентом анализируется технологичность детали, и намечаются изменения, определяемые требованиями литейной технологии, которые без ущерба для назначения детали и последующей механической обработки могут быть внесены в ее конструкцию.

Чертеж отливки выполняется студентом с соблюдением масштаба. Число проекций, разрезов и сечений должно быть достаточным для отражения всех особенностей отливки по сравнению с деталью. На чертеже отливки указываются габаритные размеры и размеры, определяющие технологические параметры. Выполнив чертеж отливки, студент приступает к выполнению чертежа литейной формы.

6.2 Чертеж элементов литейной формы

Служит:

для разработки чертежа отливки;

- разработки пооперационного технологического процесса изготовления отливки;
- изготовления модельного комплекта;
- разработки чертежей металлической модельно-литейной оснастки;
- для производства рабочих операций по изготовлению и сборке формы при индивидуальном и мелкосерийном производстве.

При разработке чертежа руководствоваться следующими принципами:

-установить расположение разъемов формы и модели;

-установить величину припусков на механическую обработку, гарантийных технологических напусков;

-установить границы стержней, размеры их знаков, величины уклонов и зазоров, направления набивки и выхода газов;

-определить конструкции моделей, стержневых ящиков;

выбрать тип литниковой системы и расположение ее элементов, установить их размеры; определить конструкцию и размеры других заливочных устройств;

-определить места установки и размеры прибылей, предусмотреть способы повышения эффективности их действия;

-предусмотреть специальные меры для получения годной отливки: применение холодильников, жеребеек, выпоров, стяжек, усадочных ребер и др.

6.3 Чертеж формы в сборе

После формовки (ручной или машинной) и извлечения моделей отливки и литниковой системы производят отделку полуформ, установку в нижнюю полуформу стержней, жеребеек, холодильников и других элементов, а затем производят сборку и крепление формы, установку литниковой чаши или воронки.

Чертеж собранной формы в состоянии готовности к заливке изображается, как правило, в 2-х проекциях. В отличие от цветного изображения на чертежах элементов литейной формы, здесь изображение всех элементов дается в одном цвете – черном.

На виде спереди изображают собранную форму в разрезе. Плоскость разреза выбирается таким образом, чтобы показать основные элементы литниковой системы (стояк, литниковую чашу или воронку, шлаковик, питатели, выпоры, прибыли), стержни, соединение опок штырями и т.д. Здесь же показывают холодильники и их крепление, жеребейки, штыри, шпильки, вентиляционные наколы и каналы для выхода газов и другие элементы формы, необходимые по технологии изготовления данной отливки. Все стержни имеют ту же нумерацию, что и на чертеже элементов литейной формы, причем нумерация стержней обозначает порядок их установки в форму, т. е. стержень 1 (ст.1) устанавливается в форму первым, стержень 2 (ст.2) – вторым и т. д. Штриховка формовочной и облицовочной смесей в разрезе производится в соответствии с образцами, приведенными в таблице.

На виде сверху изображают вид на нижнююполуформу со вставленными стержнями и другими элементами литейной формы. Стержни на виде сверху показываются не в разрезе и штрихуются также по контуру, но в две стороны под углом 45о. На виде сверху показывается отпечаток от модели отливки и литниковой системы. Здесь показываются размеры опок в свету и расстояния от стенок опок до модели, по которым определялся выбор размера опок. Штриховка формовочной смеси на виде сверху производится точками в тех местах, где нет отпечатка модели.

Чертеж собранной формы в состоянии готовностик заливке служит для разработки пооперационного технологического процесса ее изготовления и сборки, размещения отдельных элементов (стержней, холодильников, жеребеек и т.п.), установки прибылей, выпоров, элементов литниковой системы. В соответствии с этим чертежом выполняются рабочие операции в формовочно-сборочном отделении цеха при серийном или массовом производстве отливок.

7 Карта технологического процесса литья в песчаные формы

Карту технологического процесса выполняют на специальном бланке и подшивают к пояснительной записке.

Технологическая карта обычно содержит карту эскизов, иллюстрирующую основу принятой технологии, подвод металла и конструкцию литниковой системы.

Для крупносерийного и массового производства вместо одной технологической карты всего процесса изготовления отливки составляют несколько более подробных карт: для формовки, изготовления стержней, очистки и термической обработки отливок. Основные данные из этих карт сводятся к одной общей сводной карте, в которую входят следующие характеристики:

- литой детали (наименование детали, марка металла, вес отливки с литниками и без литников, твердость отливки по Бринеллю, температура заливки);
- формы (состав формовочной смеси, размер формы, габариты опок, способ скрепления опок, сушка, окраска и прошпиловка форм);
- стержней (номер стержней, количество на одну отливку, состав стержневой смеси, облегчение стержней, окраска, сушка и каркасы);
- модельного комплекта (количество моделей на модельной плите, материал модели и ее габариты, количество отъемных частей, шаблонов, количество и размеры питателей, шлакоуловителя и стояка, количество выпоров и др.);
- стержневых ящиков (номер стержня, номер ящика, материал стержневого ящика, конструкция, способы набивки, изготовления, вентиляции и др.).

Общая сводная карта включает разделы: термообработка и очистка отливки (удаление литников и прибылей, вид термообработки, способ очистки, обрубка заливов, заусенцев, неровностей и шероховатости отливки, заварка дефектных мест по техническим условиям и др.); контроль отливки.

8 Рекомендуемая литература

1. Чернышев Е. А., Паньшин В.И. «Литейные технологии. Основы проектирования в примерах и задачах. Учебное пособие». Машиностроение» («Лань»), 2011 г.

2. Скворцов В.Я., Кукуй Д.М., Андрианов Н.В., «Теория и технология литейного производства Часть 1. Формовочные материалы и смеси «Инфра–М» («Лань»), 2011 г.

3. Скворцов В.Я., Кукуй Д.М., Андрианов Н.В., «Теория и технология литейного производства Часть 2. Технология изготовления отливок в разовых формах» «Инфра–М» («Лань»), 2011 г

4. Дубицкий Г.М. Литниковые системы. – М.; Свердловск: Машгиз, 1962. – 256 с.

5. Крымов В.Г., Фишкин Ю.Е. Изготовление литейных стержней. – М.: Высш. шк., 1991. – 256 с.

6. Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Эктова В.Н. Теория и технология литейного производства. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.

7. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика: Справ.для проф. обучения рабочих на пр-ве. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.

8. Парфенов Л.И. Оператор-литейщик на автоматах и автоматических линиях. – М.: Высш. шк., 1991. – 224 с.

10. Расчет литниковых систем при получении отливок из высокопрочного чугуна методом внутри форменного модифицирования: Метод.указания к курсовому и диплом. проектированию. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1997. – 12 с.

11. Технология литейного производства: Учеб. /Б.С. Чуркин, Э.Б. Гофман, С. Г. Майзель и др.; под ред. Б. С. Чуркина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.

12. Формовочные материалы и смеси/С.П.Дорошенко, В.П.Авдокушин, К.Русин, И.Мацашек. – Киев: Выщашк., 1990; Прага: СНТЛ, 1990. – 4

ГОСТ 2.105–79 [СТ СЭВ 2667–80]: Общие требования к текстовым документам. Введ. с 01.07.80. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 20 с. (Единая система конструкторской документации).

ГОСТ 7.1–84. Библиографическое описание документа: Общие требования и правила составления. Введ. с 01.01.86. – М.: Изд-во стандар-тов, 1987. – 72 с.

ГОСТ 3.1125–88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. Введ. с 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 19 с.

Приложение. Правила графического выполнения элементов литейных форм:

1) Обозначение разъемов модели, формы и положения отливки при заливке.

Разъем модели и формы показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком, над которой указывается буквенное обозначение разъема – *МФ*. Направление разъема показывают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной к линии разъема. При применении неразъемных моделей указывают только разъем формы *Ф*

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами *В* (верх) и *Н* (низ). Буквы проставляют у стрелок, показывающих направление разъема формы. Если отливка формуется в горизонтальном положении, а заливается в вертикальном, то буквенное обозначение верха и низа отливки у стрелок не ставится, а параллельно заливке проводится сплошная основная линия, ограниченная стрелками. У стрелок ставится буквенное обозначение верха и низа

2) Изображение припусков.

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией красного цвета. Величину припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами Допускается при несложных отливках припуски на механическую обработку не изображать, а указывать только величину припуска цифрой Технологический припуск указывают цифрой со знаком «плюс» (+) или «минус» (–) и буквой*Т* (технологический припуск), которые проставляют на продолжении размерной линии или на полке линии-выноски, если их нельзя разместить на продолжении размерной линии

Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке детали, зачеркивают сплошной тонкой линией красного цвета

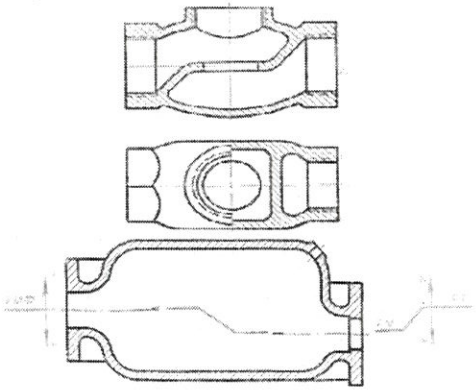


Рисунок 20 - Обозначение разъемов модели и формы для разъемной модели: *а* – для прямой плоскости разъема; *б* – для ломаной плоскости разъема

3) Изображение и обозначение стержней

Стержни, их знаки и фиксаторы, стержни-перемычки, разделительные диафрагмы легко отделяемых прибылей и знаки модели изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией синего цвета Если близкое расположение

изображений на чертеже детали не позволяет показывать знаки стержней в масштабе, то разрешается делать разрыв знака или изображать его не в масштабе.

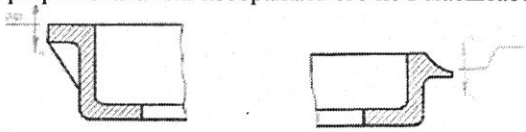


Рисунок 21- Обозначение разъемов модели и формы для неразъемной модели

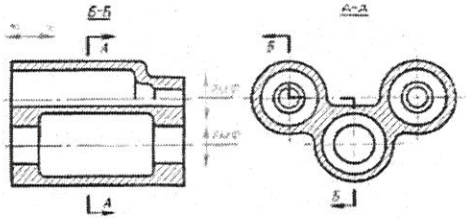


Рисунок 22 - Обозначение разъемов модели и формы при нескольких разъемах

Контуры стержней и знаков следует наносить на минимальном числе изображений, обеспечивая при этом необходимое для изготовления модельного комплекта представление о контурах, расположении стержней и размерах знаков.

Стержни в разрезе следует штриховать только у контурных лини, длина линий – 3–30 мм. Правила нанесения штриховки – по ГОСТ 2.306–78. Невидимые контуры стержневых знаков и стержней допускается наносить в случае, когда затрудняется представление об их форме и расположении. На изображениях, на которых формовочные уклоны отчетливо не выявлены, проводят только одну линию, соответствующую наибольшему размеру. Размеры знаков стержней и зазоры между знаками стержней и модели выбирают по ГОСТ 3606–80.

Стержни обозначают буквами *ст.* и порядковыми номерами, например: *ст.3*. Номер стержня проставляют на минимально необходимом, но достаточном для однозначного понимания количестве изображений.

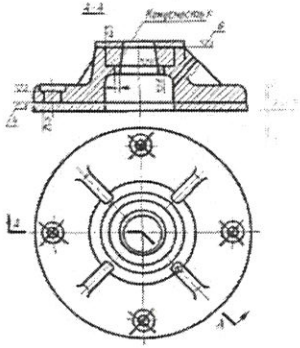


Рисунок 23- Изображение припусков на механическую обработку

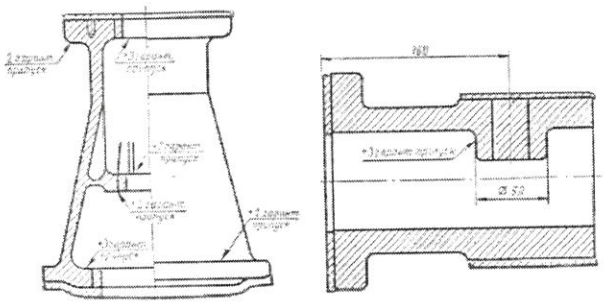


Рисунок 24 - Изображение технологических припусков

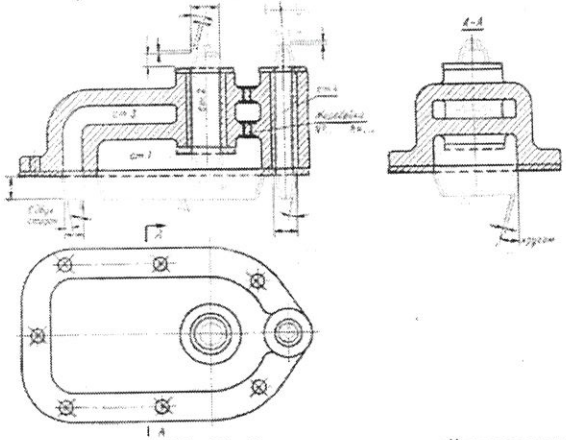


Рисунок 25 - Изображение стержней и их размеров

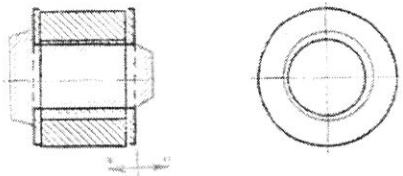


Рисунок 26- Изображение знаков стержней

4) Изображение и обозначение отъемных частей модели.

Линию соприкасания отъемной части с моделью показывают сплошной основной линией; отъемную часть модели обозначают буквами *ОЧМ* и порядковым номером. Если отъемная часть одна, то порядковый номер не ставят.

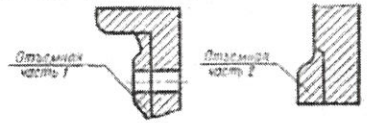


Рисунок 27- Изображение отъемных частей модели

5) Изображение и обозначение литниковой системы.

Литниковую систему выполняют в масштабе изображения детали сплошной тонкой линией красного цвета. Сечения элементов литниковой системы не штрихуют. У каждого сечения элементов литниковой системы необходимо указывать площадь сечения в квадратных сантиметрах, количество элементов и суммарную их площадь.

При выполнении литниковой системы в керамических сифонных трубках их изображение не приводят. В технических требованиях помещают надпись: «На участке … литниковую систему выполнять в керамических трубках по ГОСТ 11586–69».

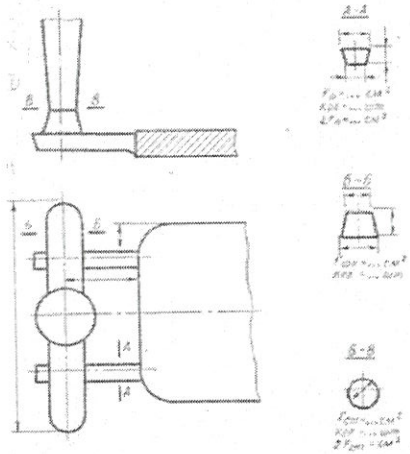


Рисунок 28- Изображение литниковой системы

Прибыль обозначают порядковым номером на полке линии-выноски, перед которым ставят слово «Прибыль». Если на отливке устанавливают несколько одинаковых прибылей, то им присваивают одинаковые номера и на полке линии-выноски после номера прибыли указывают общее количество устанавливаемых на отливке прибылей этого номера. Контуры оснований прибылей и выпоров в плане должны быть привязаны системой размеров или построения к соответствующим осям отливки, контурам ее поверхности. Прибыль изображают сплошной тонкой линией красного цвета.

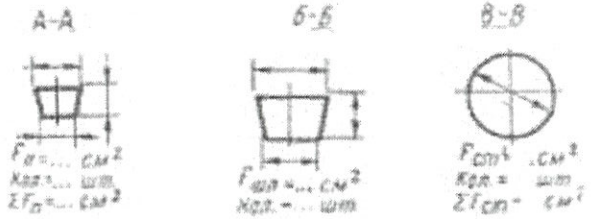


Рисунок 29- Порядок обозначения размеров элементов литниковой системы

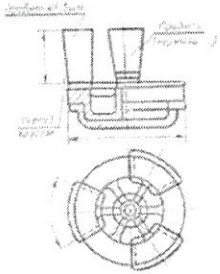


Рисунок 30- Обозначение прибылей на чертеже отливки

6) Изображение и обозначение холодильников.

Холодильники изображаются в масштабе детали сплошной тонкой линией зеленого цвета. В сечениях холодильники штрихуют. Обозначение холодильников состоит из слова «Хол.», порядкового номера, количества холодильников, которые проставляют на полке линии-выноски.

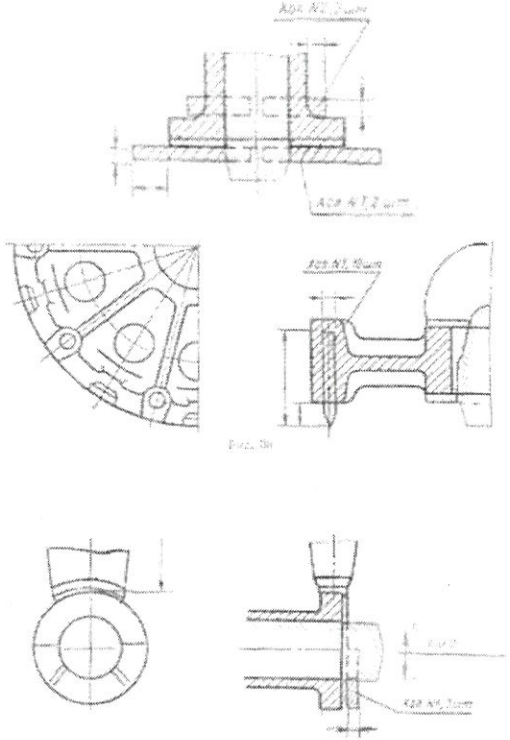


Рисунок 31- Изображение холодильников: *а* – наружных; *б* – внутренних

7) Изображение усадочных ребер, стяжек, проб для механических и других испытаний и технологических приливов.

Усадочные ребра, стяжки, пробы и технологические приливы изображают в масштабе детали сплошной тонкой линией красного цвета.

Назначение отливаемой пробы указывают на полке линии-выноски соответствующей надписью.

8) Изображение жеребеек и обозначение мест вывода газов из формы и стержней.

Жеребейки изображают в соответствии с требованиями (таблица). Места вывода газов из формы и стержней показывают стрелками и обозначают буквами *ВГ* (выход газа), располагаемыми вдоль стрелки. Размер стрелки – по ГОСТ 2.305–78.

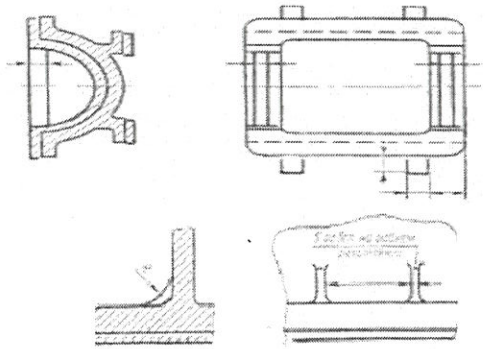


Рисунок 32- Изображение на чертеже: *а* – усадочных ребер; *б* – стяжек

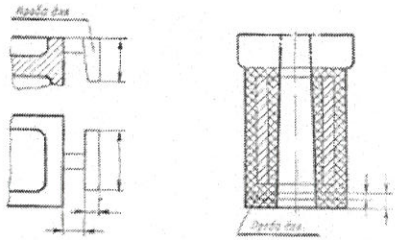
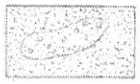
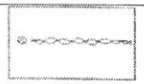
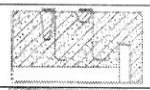
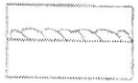
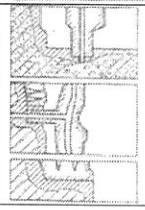
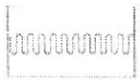


Рисунок 33- Изображение на чертеже проб: *а* – для механических испытаний; *б* – для металлографических исследований

Таблица 20 - Графическое обозначение элементов литейных форм в сечениях

Наименование элемента	Обозначение	Наименование элемента	Обозначение
Гарь		Жеребейки	
Солома		Крючки	
Фитиль		Вывод газов из стержня	
Металлическая стружка			
Газоотводные наколы		Облицовочный слой в форме	
Шпильки			