

Оглавление

Аннотация	6
1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	9
1.2 Анализ рабочего чертежа.....	9
1.1.1. Чертеж детали	9
1.1.2 Классификационная характеристика детали	10
1.1.3. Определение типа производства	10
1.2.4 Разработка 3D модели детали в модуле CAD системе Компас-D.....	11
1.2. Анализ материала.	13
1.3. Обоснование вида и способа получения заготовки.	15
1.4. Назначение припусков на механическую обработку.	17
1.5. Назначение формовочных и литейных уклонов.....	18
1.6. Расчет шихты методом подбора	19
1.7. Выбор количества отливок в форме.....	21
1.8. Выбор литниково-питающей системы (ЛПС).....	22
1.9. Расчет элементов ЛПС	24
1.12. Расчет времени снятия теплоты перегрева, кристаллизации и охлаждения.....	27
1.13. Выбор способа формовки, формовочных автоматов.	28
1.14. Описание технологии приготовления формовочных и стержневых смесей.	29
1.15. Выбор плавильных агрегатов.	31
2.17. Разработка металлургических операций: модифицирование.....	32
2.18. Разработка технологии плавки сплава	33
2.19. Возможные виды брака литья и способы их устранения.....	35
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	37
2.1 Технологический процесс литья в песчано-глинястые формы	37
2.1.1 Изготовление формы	37
2.1.2 Изготовление стержня	38
2.2 Моделирование процессов литья	40
2.2.1 Моделирование геометрии отливки	40
2.2.2 Подготовка модели	41
2.2.3 Внесение начальных условий	42
2.2.3 Моделирование и обработка результатов	42
3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	46
3.1. Особенности обработки чугуна.	46

3.2 Обоснование возможности применения методов автоматизированного
формообразования для обработки поверхностей.....46

3.3 Возможные первичные погрешности.....47

3.4. Определение ступеней обработки основных поверхностей48

 3.4.1. Составление плана обработки48

 3.4.2. Составление эскиза совмещённых переходов и осевых размерных цепей49

 3.4.3. Методика расчёта размерных цепей51

 3.4.4. Расчет осевых размерных цепей53

 3.4.5. Составление эскиза совмещённых переходов и диаметральных размерных цепей 60

 2.4.6. Решение диаметральных размерных цепей61

3.6. Выбор основного металлорежущего оборудования.....73

3.7. Дыбор средств измерения.....75

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....77

CONCLUSION.....78

Список использованных источников и литературы.....79

АННОТАЦИЯ

Сведения об объеме работы: 78 страниц, чертежи – 7, иллюстраций - 34, приложений - 2, использованных источников – 18.

Ключевые слова: технологический процесс, режущий инструмент, технологическая оснастка.

Объект исследования - технология изготовления детали шкив.

Цель работы - совершенствование технологического процесса изготовления фланца.

Метод исследования – теория размерных цепей, методика расчета режимов резания и норм времени, методика проектирования приспособления.

Полученные результаты – модернизированный технологический процесс, сборочный чертеж приспособления.

Новизна заключается в разработанном единичном технологическом процессе изготовления детали, использование САПР при проектировании технологической оснастки.

Область применения и внедрения – изготовление деталей типа шкив в условиях крупносерийного производства.

ANNOTATION

Information about the volume of work: 75 pages, drawings – 7, illustrations - 31, appendices - 2, sources used – 18.

Keywords: technological process, cutting tools, technological equipment.

The object of research is the manufacturing technology of the pulley part.

The purpose of the work is to improve the technological process of flange manufacturing.

The research method is the theory of dimensional chains, the method of calculating cutting modes and time standards, the method of designing the device.

The results obtained are an upgraded technological process, an assembly drawing of the device.

The novelty lies in the developed single technological process of manufacturing a part, the use of CAD in the design of technological equipment.

The scope of application and implementation is the manufacture of pulley-type parts in large-scale production.

					КТОМП.2024.0127846.000	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство — это один из самых распространенных способов получения металлических заготовок. По сравнению с ковкой, прокатом и сваркой литьем можно получать заготовки самой сложной конфигурации с минимальными припусками на механическую обработку резанием и необходимыми механическими свойствами. Литьем получают отливки от нескольких граммов до нескольких сотен тонн. Большинство технологических операций при получении отливок поддаются механизации и автоматизации.

Немаловажное значение имеет и то, что производство литых заготовок дешевле, чем производство заготовок другими способами. Поэтому литейное производство в настоящее время и в будущем сохранит свое ведущее значение.

Задачами выпускной квалификационной работы является:

- 1) Проанализировать исходные данные
- 2) Разработать маршрутную технологию
- 3) Выполнить размерный анализ
- 4) Выбрать технологическое оборудование
- 5) Выбрать средства технологического оснащения
- 6) Смоделировать процесс литья

1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

1.2 Анализ рабочего чертежа

1.1.1. Чертеж детали

Рассмотрим чертеж детали «Шкив»

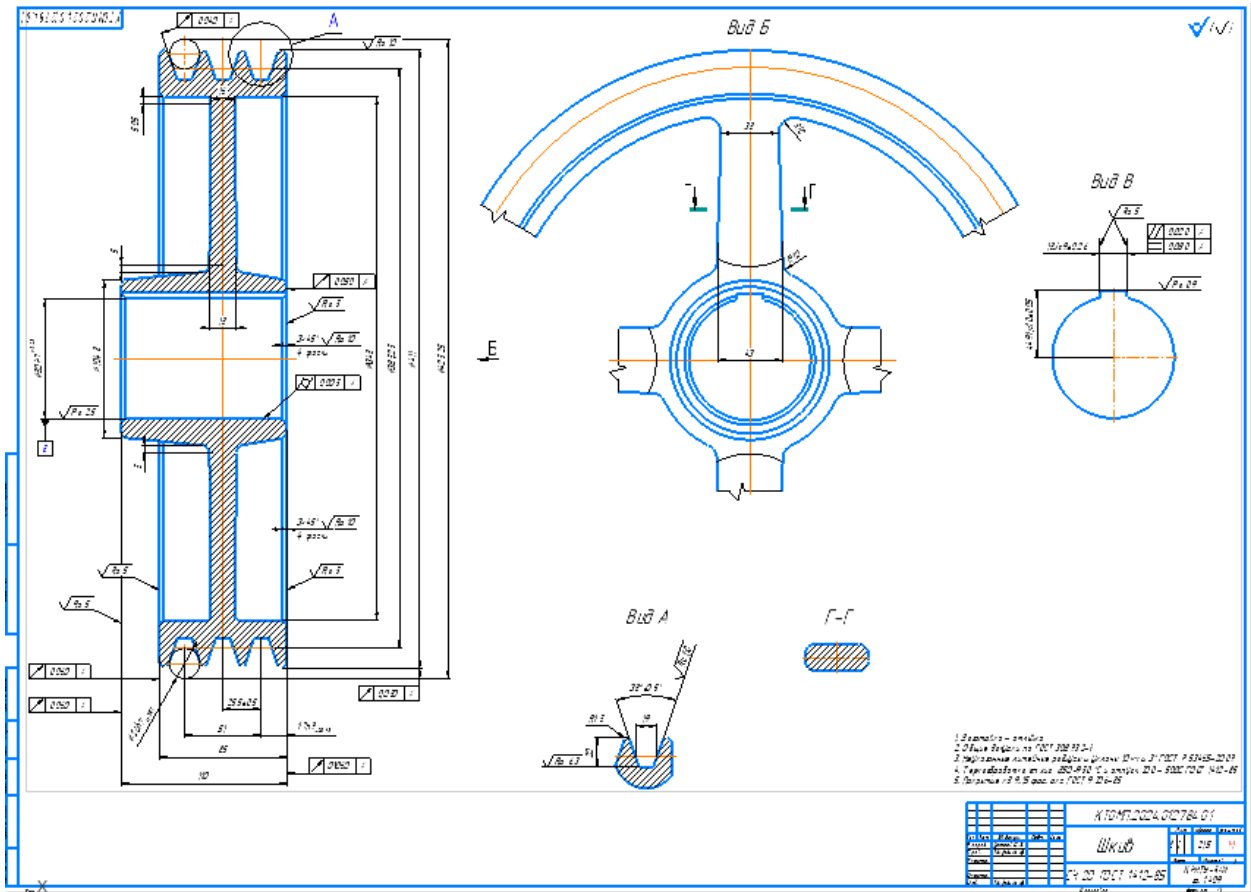


Рис. 1.1 Чертеж детали «Шкив».

Деталью является шкив — это деталь средней сложности, представляющая собой полое тело вращения с элементами разной конфигурации. Точность размеров элементов составляет 7–11 квалитетов, а материалом является серый чугун СЧ20.

Шкив — это колесо, расположенное на оси или валу, которое предназначено для поддержки движения и изменения направления натянутого троса или ремня, а также для передачи мощности между валом и тросом или ремнём. Если шкив поддерживается рамой или оболочкой, которая не передаёт мощность на вал, но используется для направления троса или

приложения силы, то опорная оболочка называется блоком, а шкив может называться шкивом.

1.1.2 Классификационная характеристика детали

Определяем тип детали по соотношению L (длины) к D (диаметру).

$L=110$ мм, $D=425,25$ мм. Значит $L/D = 0,26$. Следовательно, класс, подкласс, группа, подгруппа и вид детали будут иметь код классификатора ЕСКД: 711446

Детали - тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др. / С L до 0,5 D вкл. с нар. поверхностью цилиндрической / Без закр. уступов, гладкой, без наружн. резьбы / С центр. сквоз. отв., круг. в сеч., цилиндр. без резьбы, гладким / С кольц. пазами на торцах, без пазов и шлицев на нар. пов., с отв. вне оси дет. [1]



Рис. 1.2. Эскиз из классификатора ЕСКД.

1.1.3. Определение типа производства

Тип производства зависит от общего объёма выпуска, технологических потерь, запасных частей и заданного объёма выпуска изделия. От типа производства зависит выбор технологических методов обработки, оборудования, оснастки, средств механизации и автоматизации, а также организационных форм выполнения технологических процессов (непоточная или поточная). На начальном этапе проектирования определяется

					КТОМП.2024.0127846.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		10

ориентировочный тип производства данной детали на основе массы и размеров годового выпуска, согласно таблице 1.1.[2]

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей одного наименования, шт		
	Мелкие (до 10 кг)	Средние (св.10 до 100 кг)	Тяжелые (св.100 кг)
Единичное	До 100	До 10	До 5
Мелкосерийное	100 – 500	10 – 200	5 – 100
Среднесерийное	500 – 5000	200 – 500	100 – 300
Крупносерийное	5000 – 50000	500 – 5000	300 – 1000
Массовое	Св. 50000	Св. 5000	Св. 1000

Таблица 1.1 – Зависимость типа производства от объема выпуска и массы детали

Исходя из полученных данных, анализа данного чертежи и зная, что деталь имеет массу равную 20,9 кг, можно прийти к выводу, что деталь относится к средним деталям. Наша деталь является сборочной частью, устанавливаем крупносерийное производство, что соответствует годовому объёму выпуска равному 1000 шт.

1.2.4 Разработка 3D модели детали в модуле CAD системе Компас-D.

Первое действие для создания трёхмерной модели — это выбор плоскости и создание эскиза.

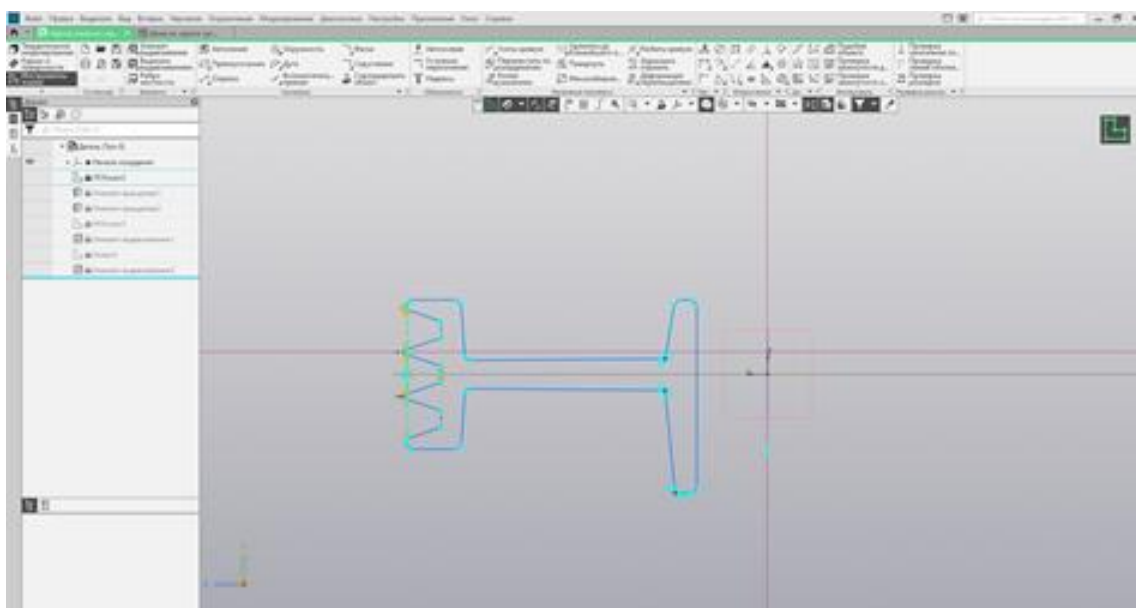
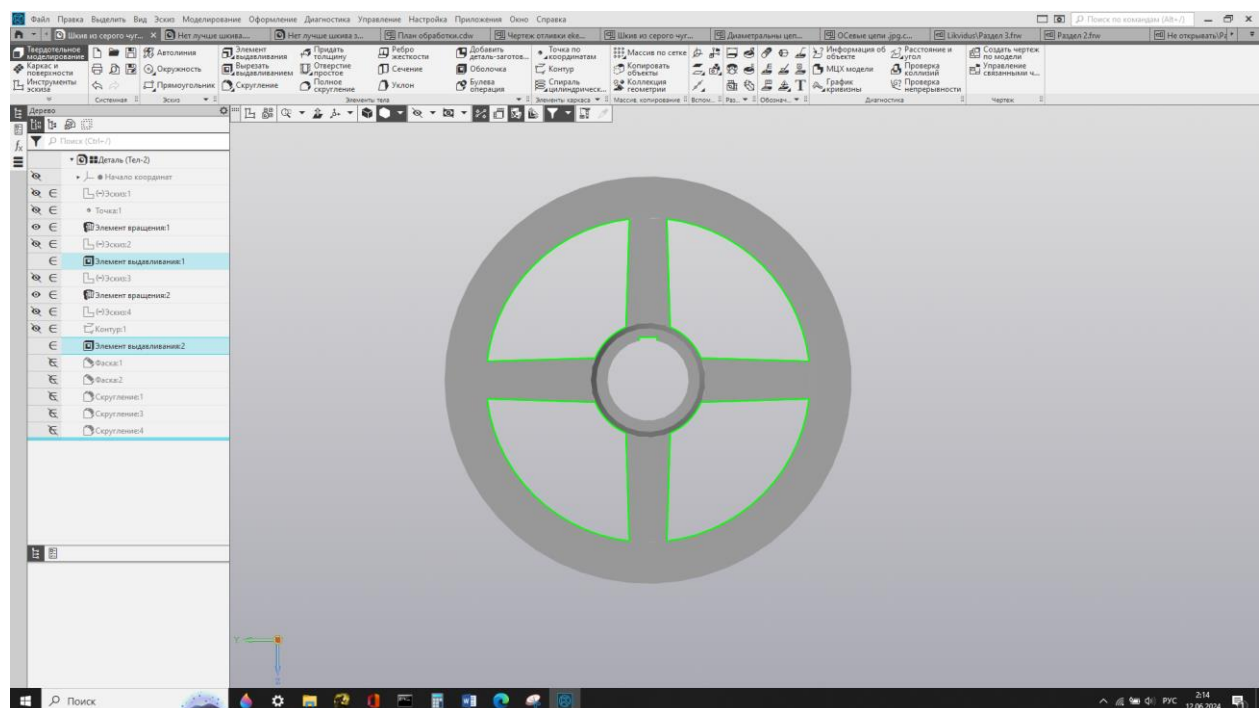


Рис. 1.2. Создание эскиза детали

После этого мы создаём эскизы и используем команду «Вырезать выдавливанием».



После того как мы получим готовую модель, добавим необходимые скругления и фаски.

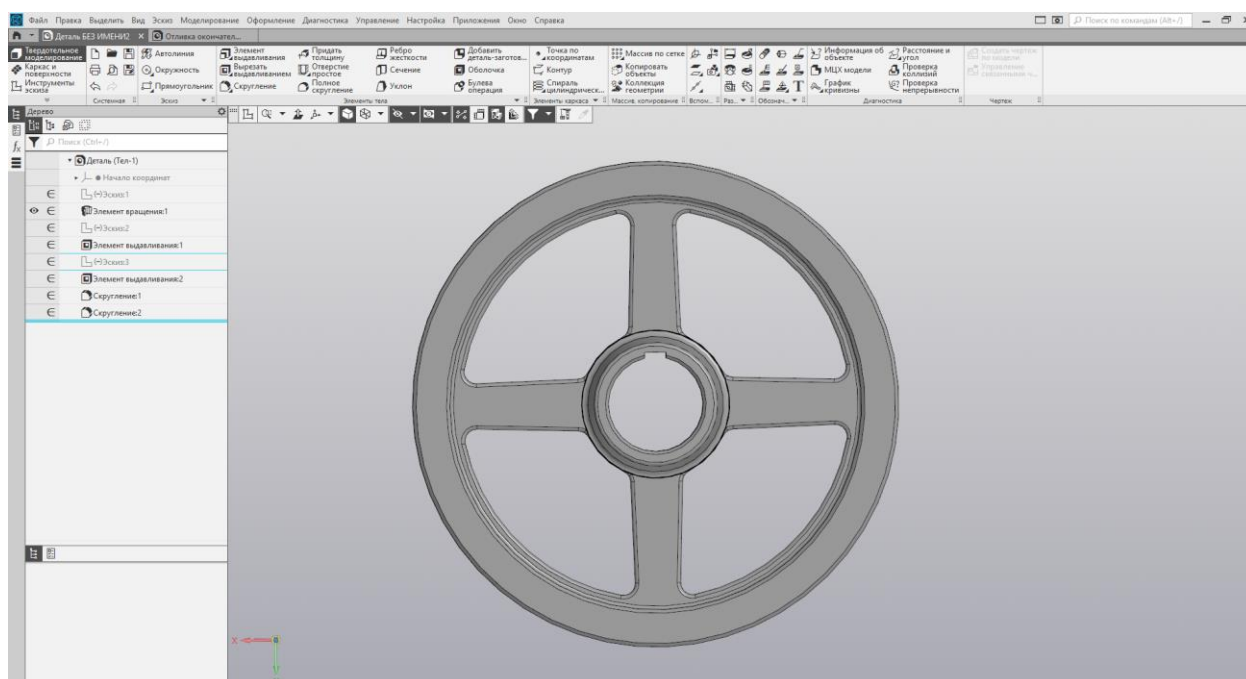


Рис. 1.5. Применение команды «Скругление» и «Фаска»

1.2. Анализ материала.

Серый чугун используется для производства деталей, которые подвергаются небольшим механическим воздействиям. Этот дешёвый материал широко применяется в машиностроении, сантехнике и строительстве. Перлитный серый чугун с высокой прочностью используется для создания нагруженных элементов машин.

Химический состав чугуна СЧ20 весьма интересен. Железо занимает лидирующую позицию, составляя около 93 % массы изделия. Углерод идёт следом, его доля составляет от 3,3 до 3,5 %. Кремний также присутствует в значительном количестве, от 1,4 до 2,4 %. Содержание других элементов, таких как сера, фосфор и марганец, составляет менее 1 % для каждого из них.

Физические и механические свойства серого чугуна СЧ20 включают его твёрдость, которая находится в диапазоне от 143 до 255 МПа (или HB 10–1). Эта марка чугуна относится к серым чугунам, что отражено в её названии. Цифры указывают на максимальную прочность при растяжении, измеряемую в мегапаскалях (МПа). На этот сплав распространяется действие ГОСТ

1412–85, который регламентирует все виды чугунов с пластинчатым графитом. [3]

Химический состав:

Fe – от 92,8%

C – 3,3% – 3,5%

Si – 1.4% – 2.4%

Mn – 0.7% – 1%

P – до 0,2%

S – до 0,15%

Механические свойства

Твердость: HB 10-1 = 143 - 255 МПа

Линейная усадка: 1,2 %

Предел кратковременной прочности: 200 МПа

Модуль упругости первого рода 10-5: 1 МПа

Коэффициент температурного (линейного) расширения 106 (20-100 °С):
9,5 °С-1

Коэффициент теплопроводности (теплоемкость материала): 54
Вт/(м·°С)

Плотность материала: 7100 кг/м³

Удельная теплоемкость материала (20-100 °С): 480 Дж/(кг·°С) [4]

Обрабатываемость лезвийным инструментом:

Обрабатываемость серого чугуна лезвийным инструментом затруднена из-за наличия в его составе цементита. Для повышения качества механической обработки, такой как точение, необходимо провести графитизирующий отжиг. Графитизирующий отжиг серого и высокопрочного чугунов проводится при температуре 680–750 °С с выдержкой 1–4 часа. В результате графитизации и частичной сфероидизации эвтектоидного цементита снижается прочность, твёрдость чугуна, улучшается его обрабатываемость на металлорежущих станках и стабилизируются размеры отливки.

Особенности:

					КТОМП.2024.0127846.000	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

- меньшая мощность для обработки серого чугуна по сравнению со сталью, что связано с физико-химическими свойствами сплава, склонного к образованию чешуйчатой стружки.
- токарная обработка с использованием минералокерамических пластин, обладающих достаточной прочностью для предотвращения быстрого разрушения при резании чугуна.
- подбор инструментов, менее подверженных абразивному износу, таких как пластины с напылением оксида алюминия, которые медленнее стачиваются.
- настройка мощности в зависимости от характеристик сплава для обеспечения высокого качества продукции и снижения риска возникновения дефектов. [5]

Учёт всех особенностей заготовки и типа чугуна позволяет достичь высокого качества изделий. Обработка заготовок из высокопрочных сплавов обойдётся дороже из-за большего расхода режущего инструмента (в три раза).

1.3. Обоснование вида и способа получения заготовки.

Будущая деталь будет получена литьем.

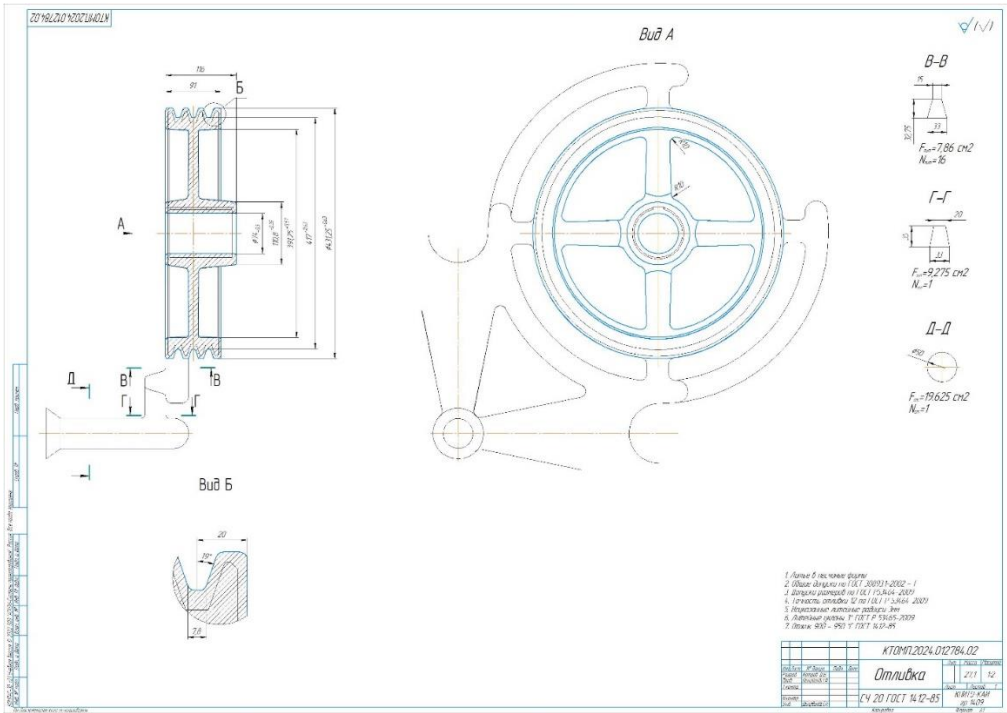


Рис. 1.6. Чертеж отливки

Заготовка получается путём заполнения литейной формы расплавляемым материалом. Она изготавливается из плавких материалов, таких как металлы, термопластичные пластмассы и камень. Этот метод недорог, быстр и универсален (не все материалы поддаются ковке), хотя и не позволяет достичь самых высоких показателей прочности. В зависимости от температуры плавления, агрессивности воздействия на формы, требуемой точности детали и сложности её формы используются разные виды отливок:

Преимущества:

- хорошая текучесть в расплаве и небольшая усадка при застывании, что делает его идеальным для литья;
- экономия металла при литье, так как не образуется стружка и литниково-питающую систему можно использовать повторно.

Недостатки:

- шероховатость заготовки зависит от качества песчано-глинистой смеси.

Определим коэффициент используемого материала. Чтобы определить КИМ нужно знать массу отливки и детали, для этого воспользуемся массо-центровочным характеристикам 3D модели.

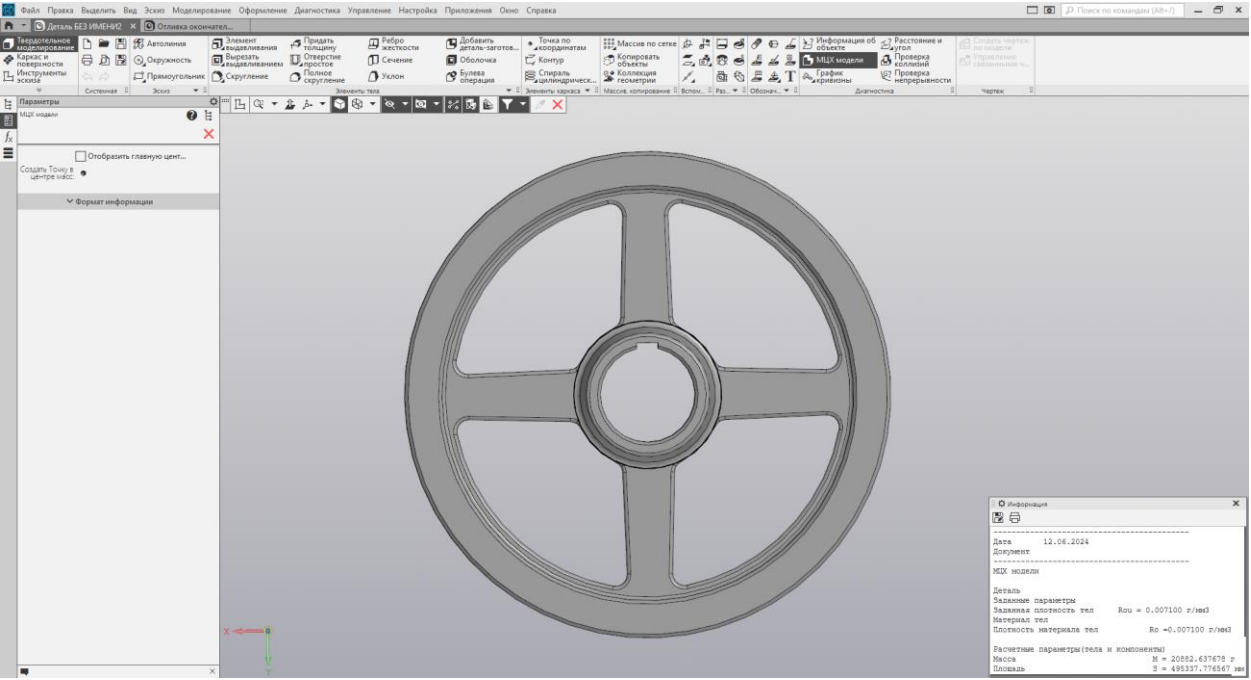


Рис. 1.7. Чертеж детали

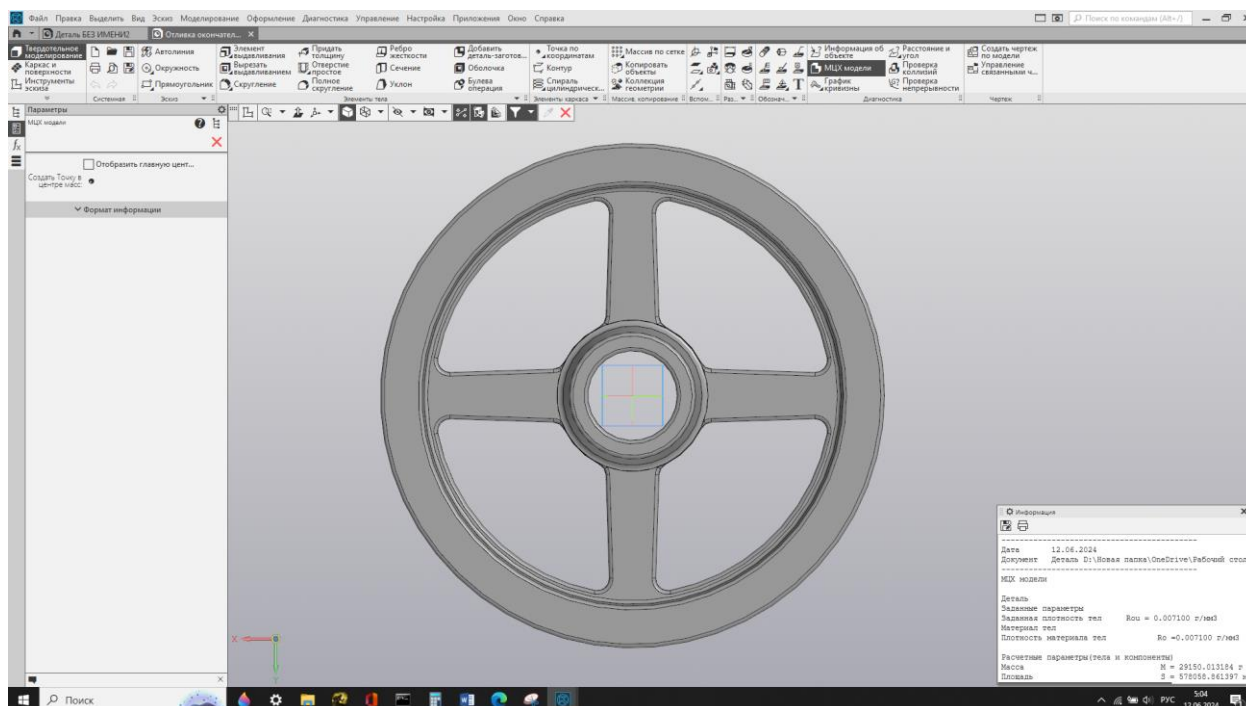


Рис. 1.8. Чертеж отливки

Выяснив массу, вычислим КИМ по формуле:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{отл}}} = \frac{20,882}{29,150} = 0,72\%$$

1.4. Назначение припусков на механическую обработку.

Припуском называют слой металла, который удаляется в процессе механической обработки. Величина припуска должна быть такой, чтобы после мех.обработки поверхность детали соответствовала требованиям по качеству металла, механическим свойствам и шероховатости. Величина припуска зависит от класса точности отливок, размеров и расположения обрабатываемой поверхности относительно разъёма (верх, низ, бок) и регламентируется для чугунного фасонного литья ГОСТ 1855–55, для стального фасонного литья ГОСТ 2009–55 (см. таблицы 1 и 2 приложений). [6]

Класс точности отливок зависит от типа производства (серийности), материала, состояния модельного комплекта и оснастки, а также других факторов. Отливки первого класса точности производятся массово и крупносерийно при машинной формовке с металлическим модельным комплектом. Второй класс точности достигается при машинной формовке по

деревянными моделями в среднесерийном производстве. Отливки третьего класса точности изготавливаются в единичном и мелкосерийном производстве с использованием ручной формовки и деревянного модельного комплекта.

номинальный размер	класс точности	допуск	припуск
	ряд припусков		
Ø411	9/2	3	6
Ø80	7/2	1.6	3,2

Табл. 1. припуски и допуски на механическую обработку

1.5. Назначение формовочных и литейных уклонов

Для облегчения извлечения модели из формы и стержня из стержневого ящика используются формовочные уклоны. Их величина для отливок из стали, чугуна и цветных сплавов при литье в песчаные формы выбирается согласно ГОСТ 3212-92. Уклоны должны быть выполнены в соответствии с требованиями к поверхности отливки:

- на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счёт увеличения размеров отливки;
- допускается выполнение уклонов за счёт уменьшения припуска, но не более чем на 30 % от его значения;
- на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопряжённых по контуру с другими деталями, за счёт увеличения и уменьшения размеров отливки;
- на необрабатываемых поверхностях отливки, сопряжённых по контуру с другими деталями, за счёт уменьшения или увеличения размеров отливки в зависимости от поверхностей сопряжения..

Так как высота детали 110 мм, то выбирается высота модели $H = 120-150$ мм, при использовании металлической модели: формовочный уклон $\beta = 1^\circ 00' - 2^\circ 00' (0,8-1,2\text{мм})$

1.6. Расчет шихты методом подбора

В производственных условиях расчёт шихты часто выполняется методом подбора. Суть этого метода заключается в создании металлозавалки из разных чугунов, стального и чугунного лома, предварительно выбранных в определённых пропорциях, с использованием ферросплавов для восполнения недостающих элементов свыше 100 %. Этот метод применяется при стабильном составе шихты, когда плавка каждый день проходит на одних и тех же материалах или изменяется только один компонент шихты. Расчёт производится следующим образом: определяются компоненты шихты и их количество в металлозавалке, затем проводятся контрольные расчёты по основным элементам. Если контрольная проверка показывает, что подобранная комбинация основных элементов далека от нужной, создаётся новая комбинация и снова проводится контрольная проверка. Если полученный расчётный химический состав близок к заданному, дальнейшие расчёты прекращаются, а недостающие элементы компенсируются добавлением соответствующих ферросплавов. [7]

Решение методом подбора.

Необходимо получить серый чугун (сч20) с содержанием углерода $C = 3,5 \%$, кремния $Si = 1,7 \%$, марганца $Mn = 0,7 \%$. Примеси P не более $0,2\%$, S не более $0,15\%$ (Согласно ГОСТу 1412-85)

Марка чугуна	Массовая доля элементов чугуна %				
	C	Si	Mn	P	S
СЧ20	3,5	1,7	0,7	0,2	0,15

Таб. 1. Состав СЧ20.

Принимаем угар элементов: $C - 0\%$, $Si - 15\%$, $Mn - 20\%$, $S - 50\%$. Расчет будем вести на 100 кг металлозавалки. Значит с учетом угара массовая доля элементов должна быть следующей:

Нехватка	% УГАР	
C	0	3,5
Si	15	2
Mn	20	0,875
P	0	0,2
S	50	0,3

Таб. 2. Состав СЧ20 с учетом угара.

Переходим к следующему шагу. На начальном этапе создаётся таблица для расчётов, куда заносятся все доступные данные (таблица 3). Из таблицы видно, что расчёт состава шихты, состоящей из пяти компонентов (но используем только три компонента), будет производиться по пяти элементам. Три из них — основные компоненты сплава C, Si и Mn, для которых указан диапазон содержания от и до. Два других элемента — примеси S и P, для которых указан только верхний предел содержания/

Состав шихтовых компонентов %					
Компоненты	C	Si	Mn	P	S
Чугун Л1	3,5	3,3	0,5	0,11	0,02
Чугун Л2	3,8	3	0,5	0,05	0,3
Возврат	3,5	1,7	0,7	0,2	0,15
Стружка	3,3	2,1	0,7	0,1	0,09
Ст. лом А1	0,3	0,3	0,5	0,06	0,07

Таб.3 Состав шихтовых компонентов.

Первый этап подбора состава компонентов шихты базируется на предположении, что для получения чугуна не требуется использование ферросплавов и карбюризатора, т.е. пусть шихта состоит из: литейного чугуна (15,790%), возврата (60,526%) и $100 - 15,790 - 60,526 = 23,684\%$ стружки. Вносим эти значения в таблицу. Рассчитываем количество основных элементов, вносимых литейным чугуном [строка 2] (Табл. 4), общее количество основных элементов, вносимое в чугун всеми компонентами шихты [строка «Итог»] (Табл. 4). Зная требуемый состав чугуна с учетом угара и сравнивая с имеющимся составом видно сколько нам недостает в последней строке. C=0 %,Si=0% Mn=0,21%. Примеси (P и S) не превышают допустимых значений.

Состав шихтовых компонентов %							
Компоненты	Масса		Содержание элементов %				
	грамм	%	C	Si	Mn	P	S
Чугун Л1	-	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Чугун Л2	4 602,79	15,79	0,60	0,47	0,08	0,01	0,05
Возврат	17 643,33	60,526	2,12	1,03	0,42	0,12	0,09
Стружка	6 903,89	23,684	0,78	0,50	0,17	0,02	0,02
Ст. лом	-	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Итог	29 150,00	100	3,50	2,00	0,67	0,15	0,16
Нехватка			0,00	0,00	0,21	0,05	0,14

Таб. 4. Состав металлической завалки.

Для получения требуемого количества элементов (тех, что не достаточно), используем порошковый графит для получения углерода и ферромарганец (ФМн75) для получения марганца. Так как кремний уже содержится в нужном количестве, ферросилиций (ФС45) использовать не нужно.

Масса шихты металлической завалки массой 29,150 кг будет иметь следующий состав: углерод:

Состав шихты в металлической завалке			
Итоговый состав		грамм	Процент от м
Чугун	Л1	-	0,00
	Л2	4 602,79	15,75
Возврат		17 643,33	60,36
Стружка		6 903,89	23,62
Ст. лом		-	0,00
ФС 45		- 0,00	0,00
ФМн75		80,29	0,27
Порошковый графит		- 0,00	0,00
Итог		29 230,29	100

Таб. 5. Состав шихты в металлической завалке.

1.7. Выбор количества отливок в форме

Количество отливок в форме зависит от серийности детали, её габаритов и массы. В условиях мелкосерийного производства стараются разместить в форме небольшое количество отливок. При серийном, крупносерийном и массовом производстве стремятся поместить в форму максимальное

количество однотипных отливок для повышения металлоёмкости формы. Для производства детали «шкив» выбрано 4 отливки..

Выбирается оптимальное положение отливки в процессе заправки в форму, учитывая простоту изготовления оснастки и формовки. Это гарантирует отсутствие дефектов усадочного происхождения и высокое качество поверхности. Принимая во внимание, что нижние и боковые поверхности получаются более чистыми и плотными при свободной заливке, в то время как на верхних поверхностях могут образовываться газовые раковины и песчаные включения.

Отливку можно размещать как с вертикальным, так и с горизонтальным расположением стержней. При горизонтальном расположении стержня выгодно располагать отливку таким образом, чтобы стержни находились в одной горизонтальной плоскости разреза, что обеспечит минимальную высоту опок. В этом случае обрабатываемая боковая поверхность будет располагаться сбоку, снижая вероятность попадания посторонних примесей.

При вертикальном расположении стержня возможно разместить половину детали в верхней полужоковидной форме, а другую — в нижней. Однако в этом случае обрабатываемая часть детали будет находиться сверху, что увеличивает риск попадания посторонних включений

Общее для обоих вариантов:

- плоская горизонтальная поверхность разреза формы и модели,
- свободное извлечение модели из формы и удобство установки стержня.

Проанализировав преимущества и недостатки разных положений отливки в форме, можно сделать вывод, что наиболее рациональным является положение с вертикальным расположением стержня. [8]

1.8. Выбор литниково-питающей системы (ЛПС)

При горизонтальной схеме формовки металл поступает в форму через разрез.

Это позволяет заполнить нижнюю часть отливки сверху, а верхнюю

часть — снизу. Такая литниковая система удобна для выполнения ее в форме.

Литниковая система представляет собой сеть каналов и резервуаров, предназначенных для подачи расплавленного металла в литейную форму, её заполнения и обеспечения питания отливки в процессе затвердевания. Эта система должна гарантировать равномерное заполнение формы с определённой скоростью, удержание шлака и других неметаллических включений, а также вывод паров и газов из формы. Кроме того, она должна непрерывно подавать металл к затвердевающей отливке. После завершения процесса литья лишний металл, заполняющий литниковую систему, застывает, сохраняя форму каналов и образуя отходы, которые должны быть отделены от самой отливки.

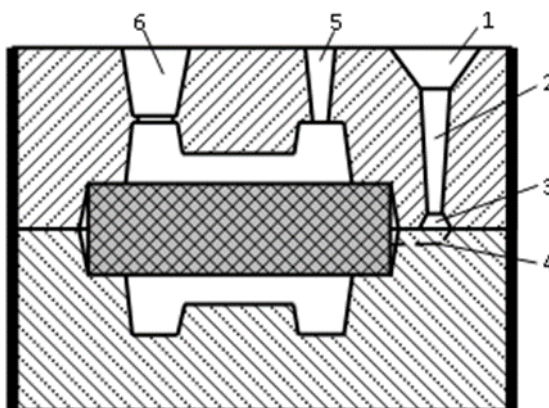


Рис. 1.9. Литниковая система.

1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатель; 5 – выпор; 6 – прибыль.

Основные элементы литниковой системы:

1. Литниковая чаша (воронка) — для приёма струи расплава и частичного задержания шлака.
2. Стояк — вертикальный или наклонный канал для передачи расплава внутрь системы.
3. Шлакоуловитель — горизонтальный канал в верхней полуформе для задержания шлака и передачи расплава к питателям.
4. Питатель — канал, подающий расплав в полость литейной формы

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2024.0127846.000

Лист

23

(может быть один или несколько, обычно в нижней полуформе).

5. Выпор — вертикальный канал для вывода газов, сигнализации об окончании заливки и питания отливки расплавом при затвердевании.

6. Прибыль — резервуар с расплавленным металлом для непрерывного подвода к массивной части отливки, которая застывает последней (может быть несколько прибылей при наличии нескольких массивных частей).[9]

1.9. Расчет элементов ЛПС

Литниковая система — это система каналов и устройств, предназначенная для подачи жидкого металла в литейную форму, отделения неметаллических включений и обеспечения питания отливки при затвердевании. Её следует размещать по разьёму и вне разьёма литейной формы.

Правильная конструкция литниковой системы обеспечивает непрерывную подачу расплава по кратчайшему пути, спокойное и плавное заполнение формы, улавливание шлака и других включений, направленное затвердевание отливки, а также минимизирует расход металла на систему. Кроме того, она должна предотвращать местные разрушения формы из-за высокой скорости и неправильной направленности потока металла. Литниковая система включает следующие элементы:

1. Стояк — вертикальный канал, соединяющий литниковую чашу (воронку) со шлакоуловителем.

2. Литниковый ход — горизонтальный трапецеидальный канал, соединяющий стояк с питателями.

3. Выпор — вертикальный канал, расположенный на верхней части полости формы или соединённый с ней боковым каналом (отводной выпор), служащий для вывода газов из формы и наблюдения за ходом заливки.

4. Питатель — горизонтальный канал, соединяющий шлакоуловитель с отливкой.

5. Литниковая чаша (воронка) — элемент литниковой системы для приёма жидкого металла и его направления в стояк. Для расчета литниковой системы необходимо знать положение отливки при заливке и места подвода металла, размещение моделей на плите.

Правильная конструкция литниковой системы должна обеспечивать:

- непрерывную подачу расплава в форму по кратчайшему пути, спокойное и плавное ее заполнение;
- улавливание шлака и других неметаллических включений;
- создание направленного затвердевания;
- минимальный расход металла на литниковую систему;
- исключение местных разрушений формы.

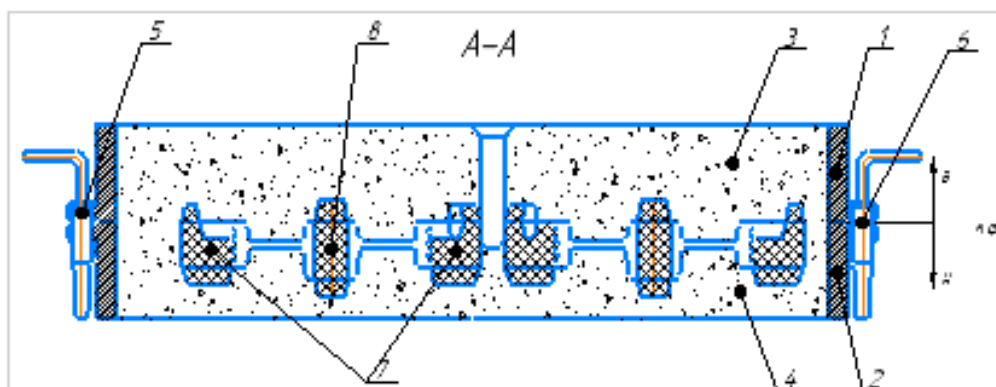


Рис. 1.10. Форма в сборе.

Литниково-питающая система отвечает за обеспечение оптимального заполнения литейной формы металлом, что предотвращает недоливы и образование неметаллических включений. Она также компенсирует объёмную усадку в процессе затвердевания отливки, обеспечивая заданную плотность металла. Правильный выбор типа и места подвода расплава к отливке, а также определение размеров элементов литниково-питающей системы являются ключевыми факторами для получения высококачественных отливок. Важно направлять расплав таким образом, чтобы его струя не размывала стенки формы и не попадала на стержни. [10]

Размеры элементов литниковой системы рассчитывают в зависимости от

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

КТОМП.2024.0127846.000

Лист

25

массы получаемых отливок, их сложности, толщин стенок и других факторов. Расчет литниковой системы сводится к определению сечения питателей по формуле

$$\sum F_{\Pi} = \frac{Q}{\tau \cdot k \cdot l}, (1)$$

где: $\sum F_{\Pi}$ - суммарное поперечное сечение площади питателей, см²

Q - масса жидкого металла, кг

τ - продолжительность заливки, с

k - удельная скорость заливки, кг/см²

l - коэффициент жидко текучести для отливок из чугуна и цветных металлов, принимается равным 1.

$$Q = N \cdot Q_{\text{отл}} + Q_{\text{л. с}}, (2)$$

где N- количество отливок в форме, шт;

Q_{отл}- черновая масса отливки, кг;

Q_{л.с}- масса прибылей и литниковой системы, кг.

$$Q = 4 \cdot 27427.185104 + 27427.185104 \cdot 0.3 \cdot 4 = 142\,621.3625408 \text{ (г)} = 142,62 \text{ (кг)}$$

Продолжительность заливки τ вычисляется для стали по формуле

$$\tau = S \cdot \sqrt{Q}, (3)$$

где S - поправочный коэффициент, зависящий от толщины стенки отливки

$$\tau = 1,3 \cdot \sqrt{142,62} = 15,53 \text{ с}$$

$$\sum F_{\Pi} = \frac{142,62}{15,53 \cdot 1,15 \cdot 1} = 7,99 \text{ см}^2$$

После определения суммарного сечения питателей, сечения шлакоуловителя и стояка устанавливаются по соотношению для чугуна:

$$\sum F_{\Pi} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}} = 1:1,1:1,15 (4)$$

$$F_{\Pi} = 7,99 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{ш}} = 8,78 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{ст}} = 9,58 \text{ см}^2$$

1.12. Расчет времени снятия теплоты перегрева, кристаллизации и охлаждения.

Время охлаждения отливки складывается из 3-х этапов [1]:

- - время снятия теплоты перегрева, с;
- - отвод скрытой теплоты кристаллизации, с;
- - время охлаждения до температуры выбивки,

1) Время снятия теплоты перегрева:

$$\tau_1 = \frac{G \cdot C_1 \cdot \sigma \cdot (T_{\text{пер}} - T_{\text{лик}})}{\lambda \cdot F \cdot (T_{\text{пер}} - T_0)}$$

где G - масса четырех отливок;

C_1 - теплоёмкость сплава в жидком состоянии;

σ - средняя толщина стенки отливки;

$T_{\text{пер}}$ - температура перегрева;

$T_{\text{лик}}$ - температура ликвидус;

λ - коэффициент теплопроводности материала формы;

F - площадь поверхности отливки, контактирующей с литейной формой;

T_0 - температура окружающей среды.

Температура взята в кельвинах.

$$\tau_1 = \frac{142,62 \cdot 838 \cdot 0,016 \cdot (1673,15 - 1473,15)}{1,03 \cdot 0,587098 \cdot (1673,15 - 293,15)} = 458 \text{ с}$$

2) Отвод скрытой теплоты кристаллизации:

$$\tau_2 = \frac{G \cdot C_{\text{эф}} \cdot \sigma \cdot (T_{\text{лик}} - T_{\text{сол}})}{\lambda \cdot F \cdot (T_{\text{лик}} - T_0)}, \text{ где}$$

$$C_{\text{эф}} = C_1 + \frac{L}{T_{\text{пер}} - T_0}, \text{ где}$$

L - удельная теплота кристаллизации

$$C_{\text{эф}} = 838 + \frac{84000}{1673,15 - 293,15} = 881 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$$\tau_2 = \frac{142,62 \cdot 881 \cdot 0,016 \cdot (1473,15 - 1423,15)}{1,03 \cdot 0,587098 \cdot (1473,15 - 293,15)} = 141 \text{ с}$$

3) Время охлаждения до температуры выбивки

$$\tau_3 = \frac{G \cdot C_2 \cdot \sigma \cdot (T_{\text{сол}} - T_{\text{в}})}{\lambda \cdot F \cdot (T_{\text{сол}} - T_0)}, \text{ где}$$

C_2 - теплоёмкость сплава в твердом состоянии

$$\tau_3 = \frac{142,62 \cdot 480 \cdot 0,016 \cdot (1423,15 - 308,15)}{1,03 \cdot 0,587098 \cdot (1423,15 - 293,15)} = 1787 \text{ с}$$

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$$

$$\tau_{\text{общ}} = 2386 \text{ с} = 40 \text{ мин}$$

1.13. Выбор способа формовки, формовочных автоматов.

Формовка — это процесс создания разовых литейных форм. Это сложный и важный этап технологического процесса изготовления отливок, который существенно влияет на их качество. Формовка включает следующие этапы:

- уплотнение смеси для получения точного отпечатка модели и обеспечения прочности, податливости, газопроницаемости и других свойств формы;
- создание вентиляционных каналов для облегчения выхода газов из полости формы во время заливки;
- извлечение модели из формы;
- отделка и сборка формы, включая установку стержней..

В зависимости от размеров, массы и толщины стенки отливки, а также марки литейного сплава его заливают в сырые, сухие и химические твердеющие формы. Литейные формы изготавливают вручную, на формовочных машинах, полуавтоматических и автоматических линиях.

Для мелких и средних отливок простой конфигурации (весом до одной тонны) обычно используют способ всырую. Крупные и сложные детали заливают всухую (сухим способом). Всё больше используются также формы с поверхностной сушкой и химическим отверждением. В соответствии с этим формовочные смеси делятся на те, что используются для заливки в сырую форму и для заливки в сухую форму.

В зависимости от металла отливки формовочные смеси делятся на смеси для чугунного, стального и цветного литья.

По характеру использования смеси бывают облицовочными, наполнительными и едиными. При ручной формовке используют облицовочные и наполнительные смеси, а при машинной формовке — единые.

Хотя формовочные машины редко применяются в мелкосерийном производстве, для отливок определённой массы и количества целесообразно использовать формовочную встряхивающе-прессовую машину, например, марки 22111М.

1.14. Описание технологии приготовления формовочных и стержневых смесей.

Литейные формы заливают всырую и всухую. При изготовлении мелких и средних отливок простой конфигурации (массой до 1 т) формы заливают обычно всырую. При изготовлении крупных и сложных отливок формы заливают всухую. Все большее применение находят поверхностно подсушенные и химически твердеющие формы. В зависимости от этого формовочные смеси подразделяют на смеси для заливки в сырую форму и для заливки в сухую форму.

В зависимости от металла отливки формовочные смеси подразделяются на смеси для чугунного, стального и цветного литья. В зависимости от характера использования формовочные смеси разделяются на облицовочные, наполнительные и единые. При ручной формовке используются облицовочные и наполнительные, при машинной формовке - единые смеси.

В зависимости от сложности стержней их подразделяют на пять классов:

1. Стержни сложной конфигурации, а также стержни, сильно смываемые металлом, с большим числом знаков и необрабатываемыми поверхностями в отливках.

2. Стержни с тонкими выступами, рёбрами или перемычками, массивные и с более развитыми знаками, образующие частично или полностью необрабатываемые поверхности в отливках.

3. Стержни средней сложности, обычно центровые, с внутренними необрабатываемыми поверхностями и высокими требованиями к качеству поверхности.

4. Стержни несложной конфигурации, образующие внутренние обрабатываемые полости или внешние габаритные стержни малой и средней сложности.

5. Массивные стержни, образующие внутренние полости в крупном литье.

Выбираем стержни, которые относятся к 4 классу

Состав стержневой смеси:

- кварцевый песок 1К1О2016 ГОСТ 2138-91 (93-55%);
- глина БС2Т1 (7.5-5%);
- отработанная смесь (40%)
- сульфидная барда (2-3%)
- опилки древесные (0.2%)

Основные свойства:

- газопроницаемость (70 ед.);
- влажность (4.5-5.5 %);
- прочность при сжатии во влажном состоянии (0.15-0.25 МПа).
- прочность при сжатии в сухом состоянии (2-3 МПа).

Для приготовления формовочной смеси берут 9 частей песка, смешивают с 1 частью глиняного порошка, тщательно перемешивают и добавляют примерно 0,5 части воды. Раствор перемешивают до получения однородной массы. В идеале смесь после перемешивания должна вылежаться 1,5–2 часа для равномерного распределения влаги. Однако точное количество воды может варьироваться в зависимости от характеристик песка и глины, поэтому определение оптимального соотношения может потребовать некоторых экспериментов.

Приготовление стержневых смесей осуществляют перемешиванием компонентов в течение 5—12 мин с последующим выстаиванием в бункерах.

					КТОМП.2024.0127846.000	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Горелая смесь может быть повторно использована после ее охлаждения, отделения металлических примесей, размельчения и просеивания.

Для формовочной смеси подойдут:

- кварцевый песок ЗК4О3016 ГОСТ 2138-91 (5-6%);
- обратная смесь (93-94%);
- глина бентонитовая С2Т2 ГОСТ 3226-93 (0,5-1,0%);
- древесный пек (0.5-1%).

Основные свойства:

- газопроницаемость (100 ед.);
- влажность (3,5-4,5 %);
- прочность при сжатии во влажном состоянии (50-70 кПа).
- плотность 1650 кг/м3;
- теплоёмкость 1090 Дж/(кг·К);
- коэффициент теплопроводности 1,03Вт/(м·К);
- коэффициент аккумуляции тепла формой 1430 Вт·с/(м²·К);
- коэффициент температуропроводности 5,56·10⁷ м/с. [11]

1.15. Выбор плавильных агрегатов.

Тип плавательного агрегата: Печь индукционная тигельная печь GW-0.25-250/1JJ с загрузкой до 250 кг. [12]



Рис. 1.11. Печь индукционная тигельная печь GW-0.25-250/1JJ

					КТОМП.2024.0127846.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		31

Индукционные тигельные печи (ИТП) до 250 кг загрузки широко применяются в промышленности для плавки черных и цветных металлов как на воздухе, так и в вакууме, и в защитных атмосферах. Так же их применяют для плавки высококачественных сталей и других специальных сплавов, требующих особой чистоты, однородности и точности химического состава, что недостижимо при плавке в пламенных и дуговых печах.

2.17. Разработка металлургических операций: модифицирование

Модифицирование серого чугуна часто осуществляется с использованием ферросилиция, содержащего 75% кремния. Также хорошие результаты даёт присадка силикокальция.

При введении модификаторов важно уделить внимание их подготовке и температуре чугуна. Ферросилиций и силикокальций имеют низкую плотность ($2,5\text{--}3\text{ г/см}^3$) и высокую температуру плавления ($1340\text{--}1400\text{ }^\circ\text{C}$), поэтому они хорошо усваиваются только горячим металлом. Температура металла должна быть не менее $1380\text{ }^\circ\text{C}$ для успешного модифицирования.

Действие модификаторов длится не более 15–20 минут (и дольше, если куски модификатора крупнее или ёмкость ковша больше). Поэтому разливку нужно проводить за это время. Если металл будет находиться в ковше дольше, действие модификатора прекратится, и последние отливки могут стать отбелившимися.

Модификатор должен иметь куски размером не меньше 2–3 мм и не больше 30–40 мм. Размер выбирается больше, если температура выше и объём металла больше.

Модификатор можно загрузить на дно предварительно разогретого ковша или постепенно сыпать его на желоб вагранки. При работе с чугуном средней температуры рекомендуется использовать дозатор для равномерного распределения ферросилиция в виде мелких частиц на протяжении всего процесса выпуска.

В некоторых ситуациях для модификации чугуна используют

графитизирующие добавки при производстве стандартных чугунов (например, СЧ 20), когда отливки имеют сильно отличающиеся толщины стенок. В таких случаях возможно появление отбела в тонких сечениях (3–10 мм). Чтобы предотвратить отбел в тонких сечениях, сохраняя необходимую твёрдость в толстых сечениях, применяют лигатуры на основе редкоземельных элементов в концентрации до 0,1 %. В этом случае модификатор добавляют на дно ковша во время выпуска чугуна. Также при модификации жидкого чугуна наблюдается увеличение прочности. [13]

2.18. Разработка технологии плавки сплава

Технологический процесс работы вагранки состоит из нескольких этапов: подготовка вагранки к плавке, розжиг, загрузка и пуск, обслуживание вагранки во время работы и остановка вагранки.

Подготовка вагранки к плавке включает ремонт огнеупорной футеровки. Ремонт может быть капитальным, средним или текущим. Капитальный ремонт подразумевает полную замену огнеупорной футеровки, а средний — восстановление наиболее напряжённых участков, таких как зона плавления, фурменный пояс и переходная лётка. Текущий ремонт проводится после

каждой плавки и зависит от её длительности и состояния футеровки..

Длительность цикла работы вагранки без водяного охлаждения составляет от 8 до 20 часов, а при использовании водяного охлаждения может достигать одного месяца.

Огнеупорная футеровка выполняется с использованием шамотного кирпича и раствора, содержащего огнеупорную глину (25–30 %), молотый шамот (70–75 %) или смесь огнеупорной глины (25–30 %) и кварцевого песка (70–75 %). Процесс футеровки вагранок может включать методы набивки или торкретирования (напыления). Торкретирование считается более современным подходом, но пока не получило широкого распространения. После проведения ремонтных работ, особенно среднего и капитального

уровня, необходимо тщательно просушить футеровку, чтобы избежать деформации и преждевременного разрушения. Оптимальным способом сушки является использование газовых горелок..

После сушки на подину вагранки укладывают дрова для розжига кокса холостой колоши. Этот технологический фактор играет важную роль в определении производительности вагранки и температуры выплавленного чугуна. Высота холостой колоши должна составлять 1,2–1,5 метра над основным рядом фурм. Во время продувки выдувается коксовая пыль и мелочь, кокс разгорается. Теперь можно загружать шихту.

После сушки на подину вагранки укладывают дрова для розжига кокса холостой колоши. Этот технологический фактор играет важную роль в определении производительности вагранки и температуры выплавленного чугуна. Высота холостой колоши должна составлять 1,2–1,5 метра над основным рядом фурм. Во время продувки выдувается коксовая пыль и мелочь, кокс разгорается. Теперь можно загружать шихту

Топливная рабочая колоша должна иметь слой кокса толщиной 150–200 мм. Расход топлива на одну колошу составляет 8–18 % (обычно расходуется 10–12 %). Например, если толщина слоя кокса равна 150 мм, масса топливной колоши для вагранки диаметром 700 мм составляет 27 кг, а масса металлической колоши — 270 кг. Это примерно соответствует одной десятой часовой производительности вагранки.

При более интенсивном дутье необходимо добавлять больше кокса, чтобы предотвратить опускание верхнего уровня холостой колоши, так как это может резко снизить температуру чугуна и ухудшить его качество. Избыток топлива в рабочих колошах может привести к подъёму верхнего уровня холостой колоши и замедлению плавления..

На рабочую колошу кокса добавляют флюс в количестве 2–3 % от массы металлозавалки. Дальнейший процесс плавки зависит от правильного соотношения количества подаваемого воздуха и расхода кокса. Воздух, который поступает в вагранку, обычно оценивают в кубических метрах в

минуту на один квадратный метр свободного поперечного сечения вагранки. Средняя норма подачи воздуха в вагранку составляет 100–130 м³/(м²·мин), а в некоторых случаях — 160–180 м³/м²·мин — при производстве, например, низкоуглеродистого чугуна.

Во время плавки в вагранке важно правильно взвешивать и загружать шихту, избегая зависания или опускания шихты более чем на две колоши ниже завалочного окна.

В процессе плавки нужно контролировать такие параметры, как количество подаваемого воздуха, его давление и температуру чугуна. Важно следить за состоянием фурм и регулярно их очищать, чтобы избежать зашлаковывания. В экстренных ситуациях для разжижения шлака можно добавить плавиковый шпат.

Когда плавка в вагранке заканчивается, воздухоудвку останавливают, выпускают шлак и жидкий чугун. Затем открывают днище вагранки, и подина и холостая колоша вываливаются. Кокс тушат водой. [14]

2.19. Возможные виды брака литья и способы их устранения

Возможные дефекты литевых изделий и способы их устранения		
Дефект	Причина дефекта	Способ устранения
Полосы и продолговатые пузыри на поверхности изделия	Влажность материала	Подсушка сырья
Матовые пятна на поверхности изделия	Перегрев расплава	Понижение температуры расплава; полирование литниковых каналов
Темные полосы на поверхности изделия	Местный перегрев материала; наличие мертвых зон в цилиндре и сопле	Понижение температуры расплава; ликвидация мертвых зон
Темные разводы и воздушные пузыри	Своевременно не удален попавший в цилиндр воздух	Повышение давления пластикации
Пустоты в изделии	Сильный нагрев (в результате сжатия) воздуха, попавшего в форму	Улучшение условий выхода воздуха из полости формы; уменьшение скорости впрыска и снижение температуры материала

Местный пережог детали	Сильный разогрев попавшего в форму воздуха, сжатие его и, как следствие, пережог материала	То же
Загрязнение изделия	Попадание в материал посторонних частиц или наличие задигов на поверхности цилиндра, поршня или червяка	Контроль за чистотой материала, поступающего в бункер; проверка поверхностей, соприкасающихся с материалом
Пленка или пятна на поверхности изделия	Соприкосновение расплава с маслом, чрезмерная смазка формы	Проверка чистоты инжекционно-го цилиндра; очистка формы, уменьшение смазки
Волнистая поверхность удаленной от литника части изделия	Охлаждение расплава в процессе течения	Повышение температуры материала и скорости впрыска
Линии на поверхности детали	Нарушение течения материала, неравномерное заполнение формы	Проверка режима заполнения формы; при необходимости — изменение размеров литников и их расположения
Пузыри в виде белых включений	Высокая температура цилиндра и низкое давление литья, недостаточное время выдержки материала в форме под давлением	Снижение температуры цилиндра, повышение давления литья и времени выдержки под давлением, увеличение размеров литников или литниковых каналов для снижения потерь давления
Швы и складки около литника	Излишне быстрое охлаждение расплава на участке вблизи литника	Повышение температуры формы вокруг литника, увеличение размеров литниковых каналов
Сварные швы	Чрезмерное охлаждение расплава при заполнении формы	Повышение температуры формы и материала, скорости впрыска, давления литья, изменение расположения литника (для изменения направления течения расплава)
Отслаивание наружного слоя детали	Включение посторонних материалов. Избыточное значение разности температур расплава и формы	Очистка цилиндра и сопла от посторонних материалов[15]

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Технологический процесс литья в песчано-глинястые формы

2.1.1 Изготовление формы

Технология данного вида литья заключается в получения оливки путем заполнения металлом отпечатка на песчано-глинястой форме. Для создания самой формы требуется пройти следующие этапы (Рис. 2.1).

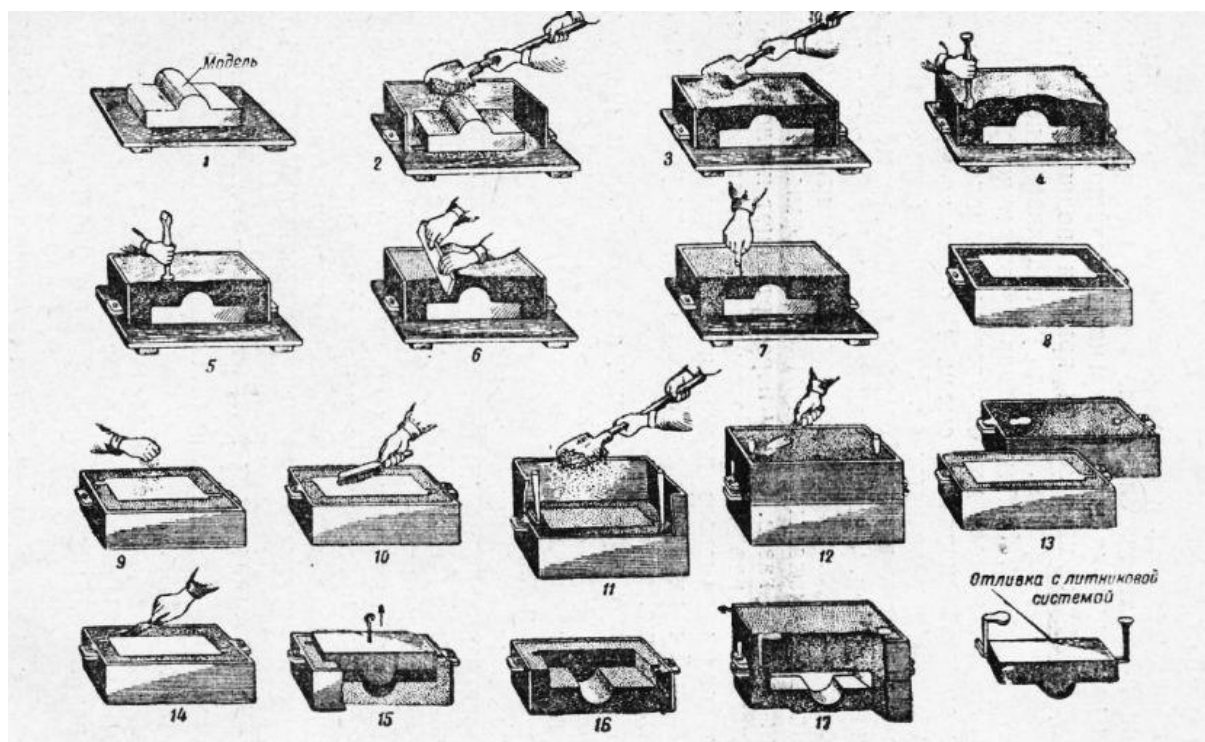


Рис. 2.1 Этапы получения формы.

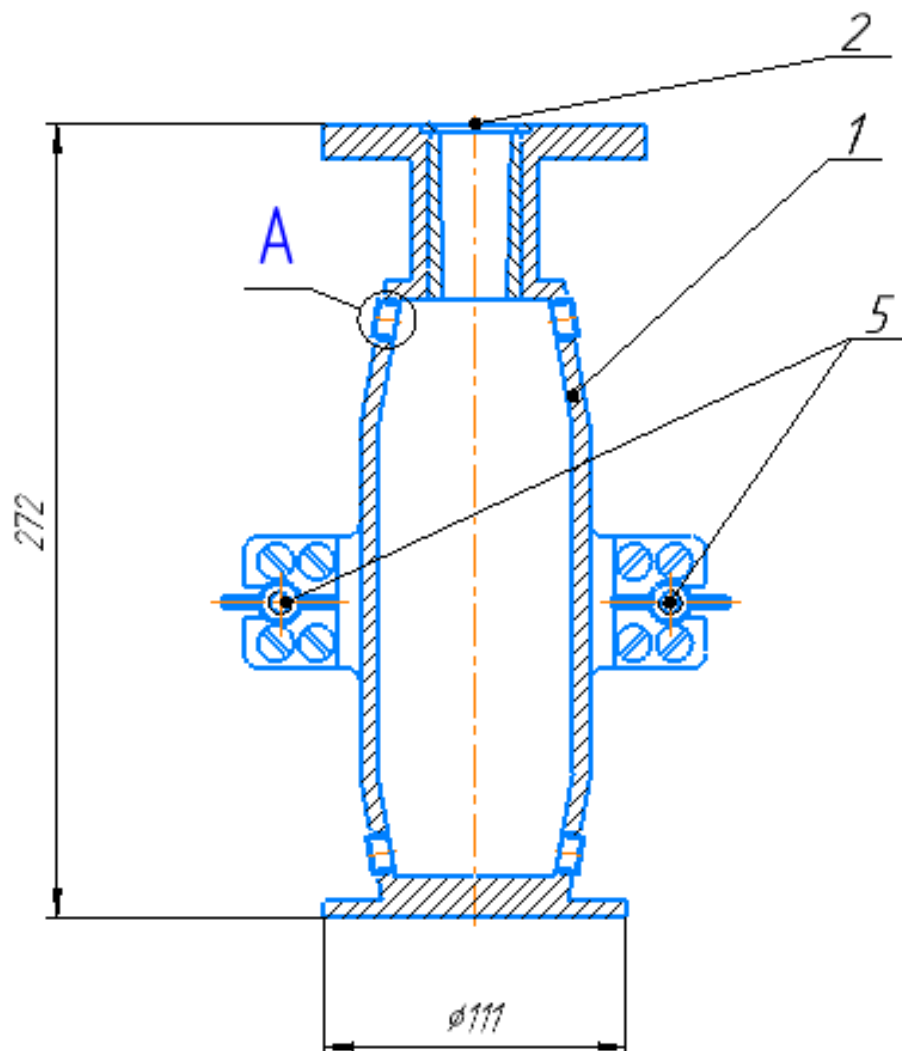
- 1) Модель устанавливают на подмодельную доску — щиток
- 2) Затем устанавливают нижнюю опоку, модель питателя и модель для образования канала к выпору и насеивают слой облицовочной смеси
- 3) В опоку засыпают наполнительную смесь
- 4) Уплотнение формовочной смеси в опоке производят вначале острым конном трамбовки
- 5) Уплотнение формовочной смеси в опоке производят плоским концом трамбовки
- 6) Затем линейкой удаляют с опоки избыток формовочной смеси

- 7) В форме накалывают иглой (душником) вентиляционные каналы для выхода из формы образовавшихся во время заливки газов
- 8) Опоку перевертывают и плоскость разъема заглаживают гладилкой
- 9) Затем плоскость разъема посыпают слоем сухого кварцевого песка, чтобы отделить формовочную смесь верхней и нижней опок
- 10) Затем с модели удаляют излишек кварцевого песка
- 11) Устанавливают верхнюю опоку, а также модель шлакоуловителя, стояка и выпора и насеивают облицовочную смесь
- 12) Приемы изготовления верхней полуформы аналогичны приемам изготовления нижней полуформы.
- 13) Затем снимают верхнюю опоку с нижней. В верхней полуформе вырезают литниковую чашу
- 14) В верхней форме накалывают иглой (душником) вентиляционные каналы для выхода из формы образовавшихся во время заливки газов
- 15) . Из нижней опоки после предварительного смачивания краев формы удаляют модель отливки и модели питателя и канала к выпору; если требуется, производится исправление поврежденных мест формы при помощи соответствующего инструмента.
- 16) На модели наносят огнеупорные покрытия
- 17) После этого нижнюю половину формы накрывают верхней. Чтобы во время заливки верхнюю полуформу не приподняло относительно нижней, на литейную форму кладут груз или полуформы скрепляют. [16]

2.1.2 Изготовление стержня

Стержни используются для создания отверстий, полостей и наружных поверхностей сложных конфигураций в отливках. При заливке формы стержни находятся внутри жидкого металла, поэтому они должны быть газопроницаемыми, прочными, податливыми и легко выбиваться. Эти свойства обеспечиваются правильным выбором стержневой смеси и

В нашей работе, для создания стержня была разработан стержневой ящик, который позволяет получить качественный стержень с достаточным уровнем точности в условиях крупносерийного производства.



Стержневой ящик разработан для создания стержня с использованием технологии Cold Box Amin ,благодаря чему наш стержень будет иметь ряд преимуществ:

- Высокую точность формы стержня
- Высокую скорость формовки
- Отсутстви трещин и пуст вследствие застывания формы

Технология Cold-Box-Amin использует фенолформальдегидные смолы в качестве связующего элемента. Также в процессе участвуют отвердитель, аминный катализатор и изоцианат. Наполнителем для формы служит кварцевый песок различной фракции. Можно использовать как чистый, так и регенерированный материал, если в нём нет крупных включений.

Подготовка песка включает очистку, сушку и смешивание со смолой. Затем песок засыпают в деревянные или металлические ящики, где происходит формовка. Катализатор подаётся в форму вместе с воздухом, и смола быстро затвердевает (от 2 до 5 минут, в зависимости от объёма). Оператор контролирует процесс, регулируя количество и концентрацию аминов для достижения желаемого результата. Cold-Box-Amin применяется для создания форм и стержней, позволяя изготавливать заготовки массой до 3 тонн (иногда и больше).

2.2 Моделирование процессов литья

Для моделирования процесса литья будет использована программа NovaFlow. Данная программа позволит наглядно понять как будет формироваться отливка.

2.2.1 Моделирование геометрии отливки

Первым делом следует сделать 3D модель отливки с ЛПС. Для этого воспользуемся программой Компас.

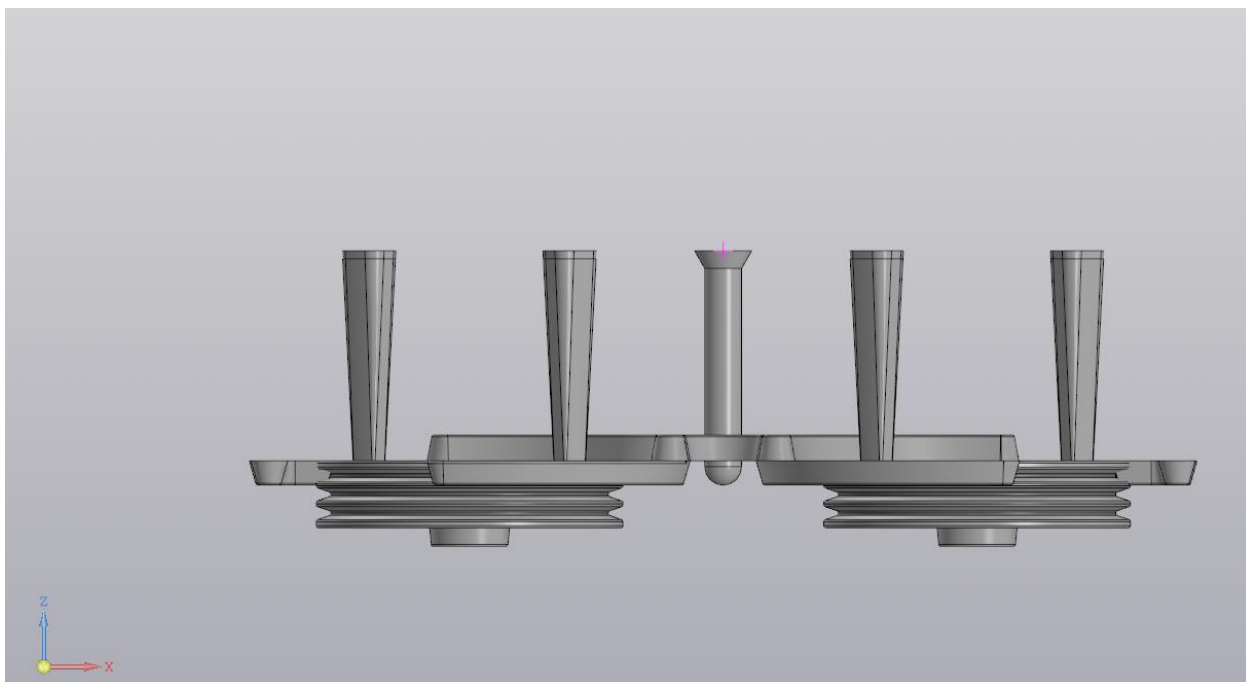


Рис. 2.3 3D модель отливки с ЛПС

Для нормальной работы нашей 3D модели в NovaFlow, ее нужно сохранить в формате STEP или STL.

2.2.2 Подготовка модели

Далее воспользуемся модулем «3D конвектер». Он позволит импортировать нашу модель, в требуемый для моделирования процессов литья, формат.

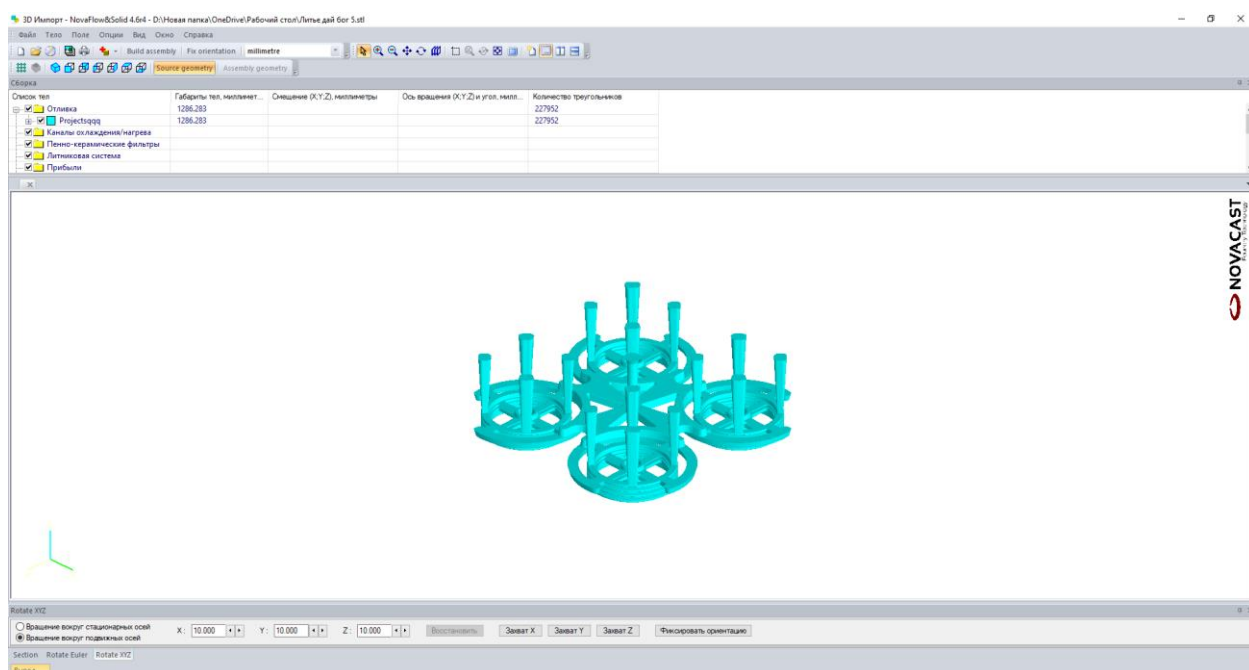


Рис. 2.4 Модуль «3D конвектер»

2.2.3 Внесение начальных условий

Далее используя модуль «Начальные установки». Вводим начальные условия:

Количество ячеек которое определяется системными, возможностями, размер бокса, материал, начальную температуру, литнековые точки и др.

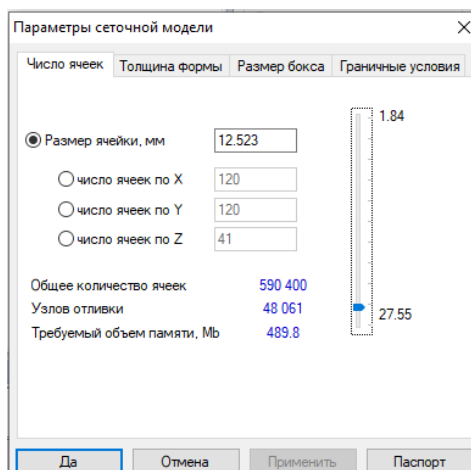


Рис. 2.5 Параметры сеточной модели

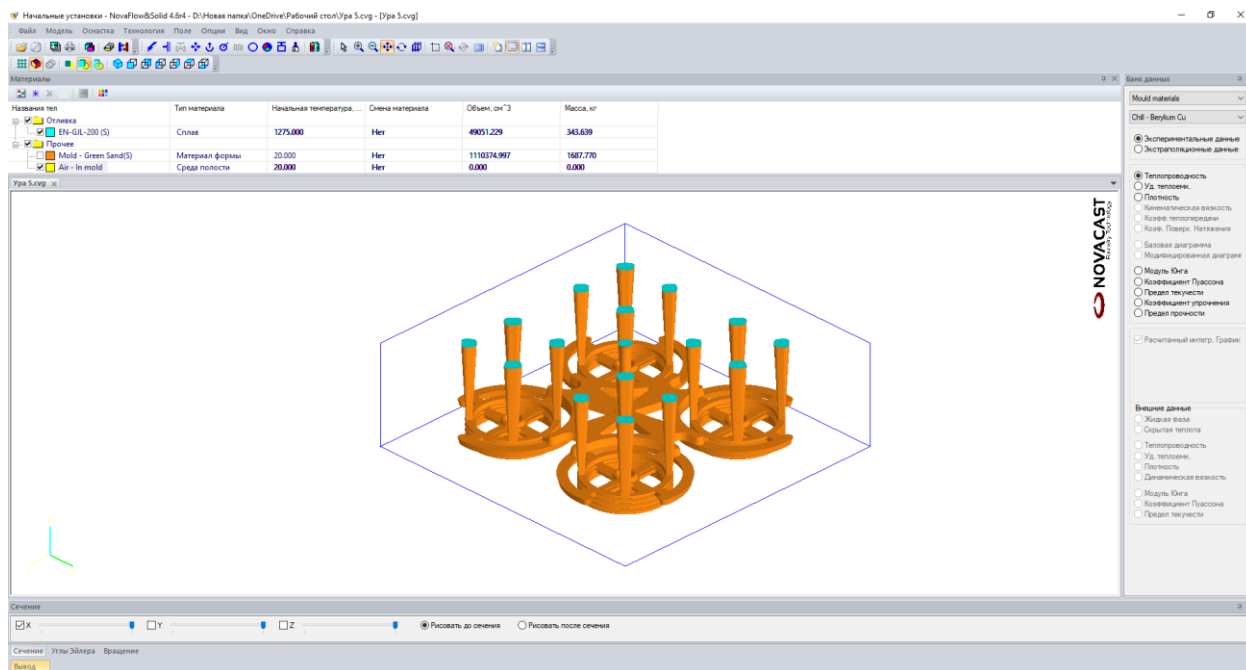


Рис. 2.6 модуль «Начальные установки»

2.2.3 Моделирование и обработка результатов

Далее используя модуль «Полная задача пронаблюдаем за процессом заливки и затвердиванием.

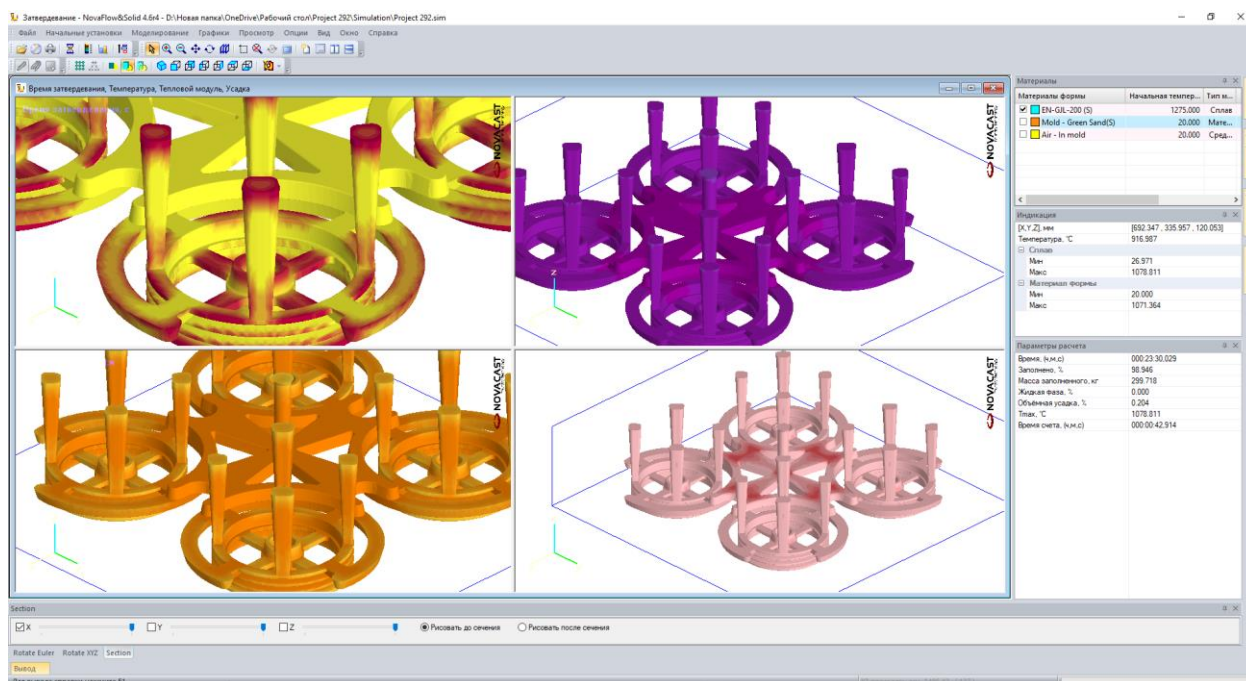


Рис. 2.7 Результат литья (время затвердевания, температура, тепловой модуль, усадка)

Выполнив моделирование процесса заполнения формы, с последующей кристаллизацией металла, было выявлено появление дефекта в виде пористости. Это требует корректировку ЛПС.

2.2.4 Корректировка конструкции и перерасчет

Пористость – это пустоты, которые являются серьезной проблемой, начать механообработку в местах с наличием пористости нельзя, поэтому начне исправление ЛПС.

Пористость связана с последовательной кристаллизацией и нехваткой подачи металла. Для решения данной проблемы требуется добавить на проблемные зоны объемные приливы, как показано на рис. 2.8, что позволит, убрать имеющиеся дефекты в виде пористости дефекты.

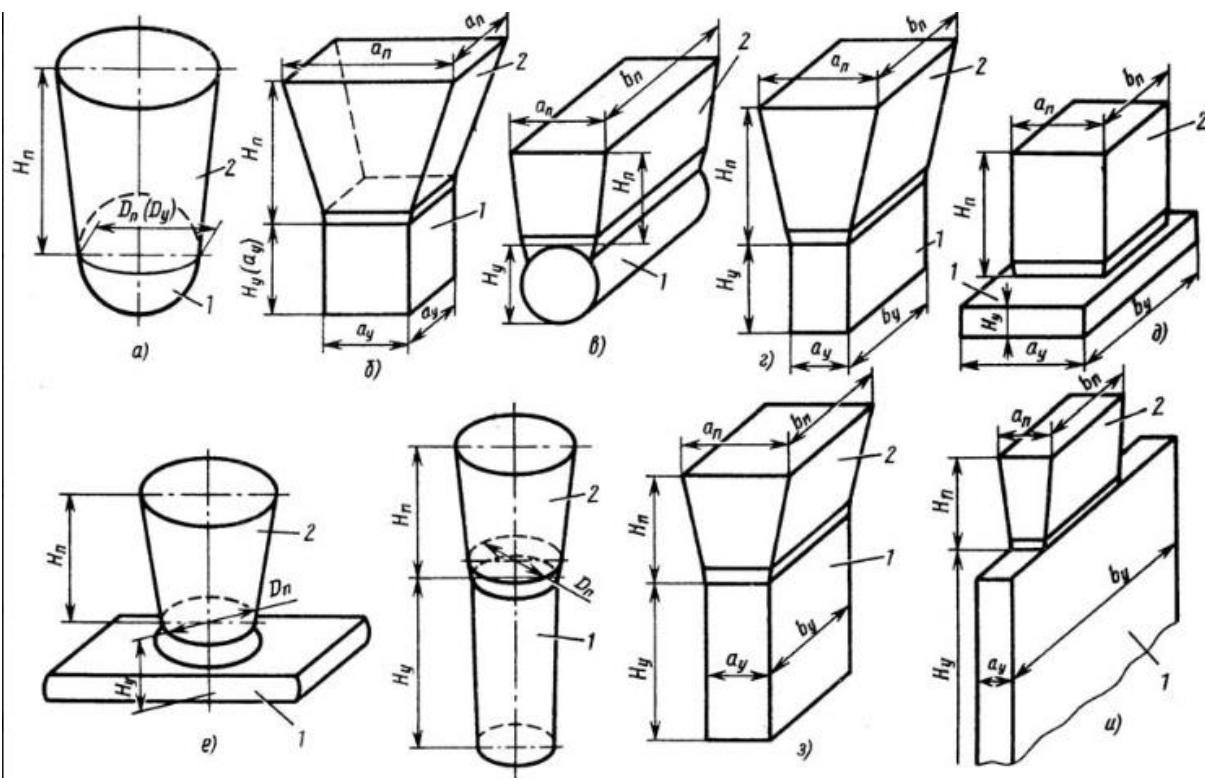


Рис. 2.8 Способ задания прибыли на центральную втулку.

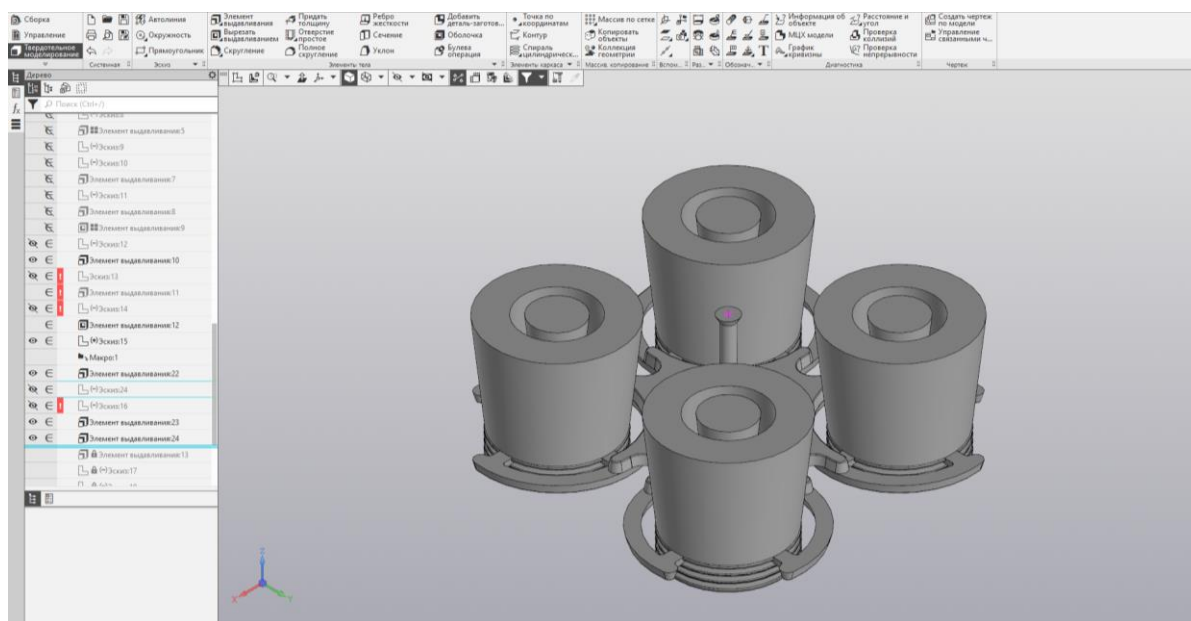


Рис. 2.9 Результат изменения ЛПС

Далее полученную модель вновь сохраняем в нужном формате, импортируем, задаем начальные условия и начинаем процесс заполнения формы с последующее кристаллизацией.

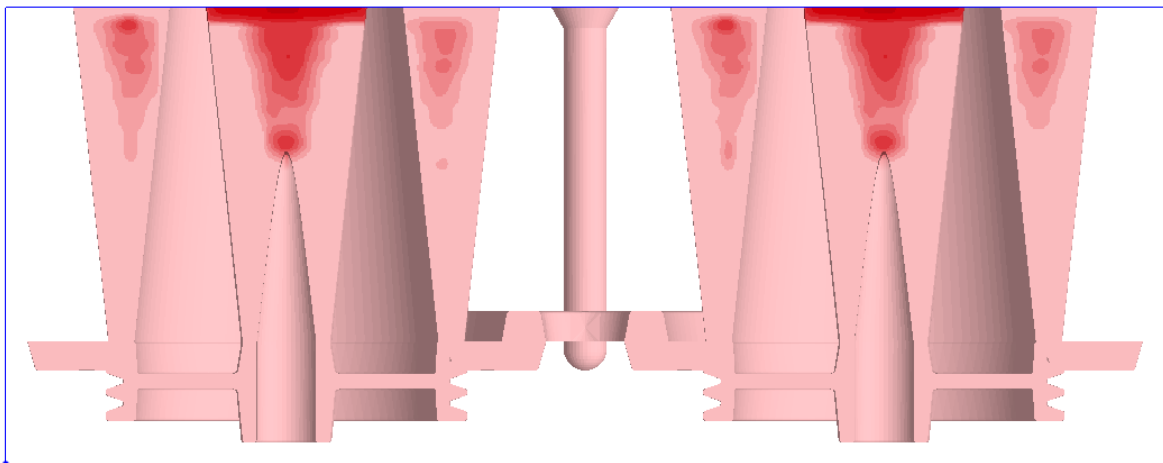


Рис. 2.10 Проверка пористости

В конечном итоге мы видим, что пористость осталась только на прибыли, а сама отливка дефектов не имеет.

3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Особенности обработки чугуна.

1) Большинство чугунов, благодаря наличию графита в структуре, легко обрабатываются резанием, так как графит позволяет получить короткую “сыпучую” стружку и улучшает смазывание режущей кромки.

2) Для обработки чугунов в основном используется инструмент с отрицательным или небольшим положительным значением переднего угла.

3) Инструмент с покрытием имеет большую стойкость из-за преобладания при обработке абразивного износа

4) При непрерывном точении необходимо применять СОЖ, для прерывистого точения СОЖ лучше не использовать.

5) Основными сложностями при обработке являются неравномерный припуск на отливках, наличие литейной корки и включений песка

6) При обработке высокопрочного чугуна расход инструмента в три раза больше, чем при обработке серого чугуна.

7) Обработка ковкого чугуна требует в три раза больше времени, т.к. требуется занижать режимы резания. Соответственно увеличивается расход инструмента. В данном чугуне графит в виде хлопьев, окружающих феррит, а также больше кремния (Si), чем в сером, что определяет повышенный износ пластин.

3.2 Обоснование возможности применения методов автоматизированного формообразования для обработки поверхностей.

Выбираем метод следа для обработки фасок, и скруглений, а также внутреннего отверстия, по внутреннему и внешнему диаметру.

Метод копирования применяем для точения зубьев.

При формообразовании поверхностей деталей по методу следа образующая линия является следом (траекторией) движения точки - вершины режущей кромки инструмента. Направляющая линия образуется при вращении заготовки или инструмента

					КТОМП.2024.0127846.000	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Данный метод основан на том, что одна из производящих линий совпадает (или обратная) по форме с режущей кромкой инструмента

3.3 Возможные первичные погрешности.

Погрешности обработки, связанные с износом режущего инструмента, нагревом и деформацией технологической системы, а также другими факторами, могут существенно влиять на точность размеров и качество деталей.

Погрешность, связанная с износом режущего инструмента, может достигать величины 50 мкм. Первичная погрешность, связанная с нагревом режущего инструмента, возникает из-за выделения значительного количества тепла в зоне резания. При нагревании инструмент изменяет свои размеры, и если они изменяются в направлении операционного размера, то погрешность переносится на размер обработанной поверхности. Для уменьшения этой погрешности применяется охлаждение.

Первичная погрешность, связанная с нагревом заготовки, возникает из-за неравномерного нагрева заготовки в процессе механической обработки. Для уменьшения величины этой погрешности необходимо уменьшить интенсивность источника тепла, охлаждать зону резания и использовать материалы с низким коэффициентом теплопроводности.

Первичная погрешность, связанная с деформациями технологической системы, возникает из-за значительных усилий резания, которые вызывают деформацию элементов станка, заготовки, инструмента и приспособления. Перемещение этих элементов в направлении операционного размера приводит к появлению погрешности этого размера.

Погрешность, связанная с нагревом станка, возникает из-за его нагрева во время работы. Для уменьшения этой погрешности станок прогревается до начала обработки.

4. Отделочные операции выполняют в конце технологического процесса обработки

5. Операции механической обработки увязывают с термическими операциями

6. Конструктивные формы и размеры деталей служат исходными факторами, определяющими характер и последовательность обработки детали.

Так, черновую обработку деталей типа тел вращения проводят на токарных станках, а детали с плоскими поверхностями обрабатывают на фрезерных и строгальных станках. Чистовую обработку деталей типа тел вращения ведут на круглошлифовальных станках, а детали с плоскими поверхностями – на плоскошлифовальных станках. Зубья на зубчатом колесе с внутренними зубьями могут быть получены методом зубодолбления.

3.4.2. Составление эскиза совмещённых переходов и осевых размерных цепей

После разработки плана обработки, необходимо рассчитать технологические размеры при обработке детали. Для этого составляем эскиз совмещённых переходов (ЭСП) на основе плана обработки. ЭСП необходим для составления размерных цепей.

ЭСП разрабатывается в порядке очередности выполнения операций, т.е. от заготовки к детали, начиная с первой заготовительной операции и заканчивая последней. Для построения ЭСП вначале составляется эскиз заготовки, проводя линии, определяющие её границы, и наносятся начальные условные размеры Н1, Н2, Н3, Н4 над эскизом заготовки. Далее в порядке выполнения плана технологической обработки проставляются операционные и конструкторские размеры и припуски. Затем проставляются конструкторские размеры, которые могут быть равными операционным и не являются операционными, т.е. они в ходе операций не выполняются, а получается автоматически.

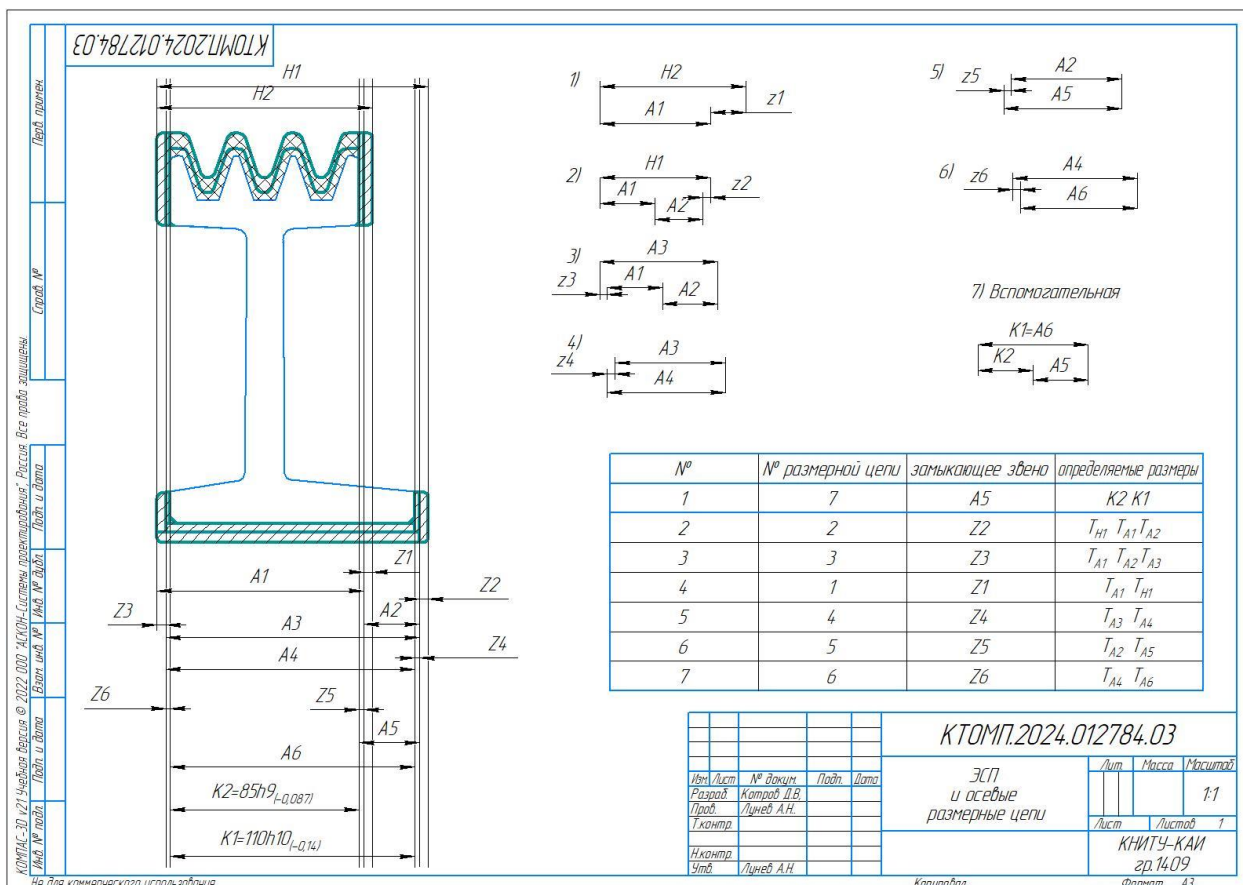


Рис. 3.2. Эскиз совмещенных переходов осевых размеров.

При построении размерных цепей необходимо придерживаться следующих правил:

- 1) Размерные цепи необходимо строить от заготовки к готовой детали;
- 2) Закрывающими звеньями должны быть либо припуски, либо конструкторские размеры, которые получаются автоматически;
- 3) Если в размерной цепи замыкающим звеном является i -ый припуск, то в данную цепь не должны входить размеры с номером больше i ;
- 4) В размерной цепи не может быть два припуска

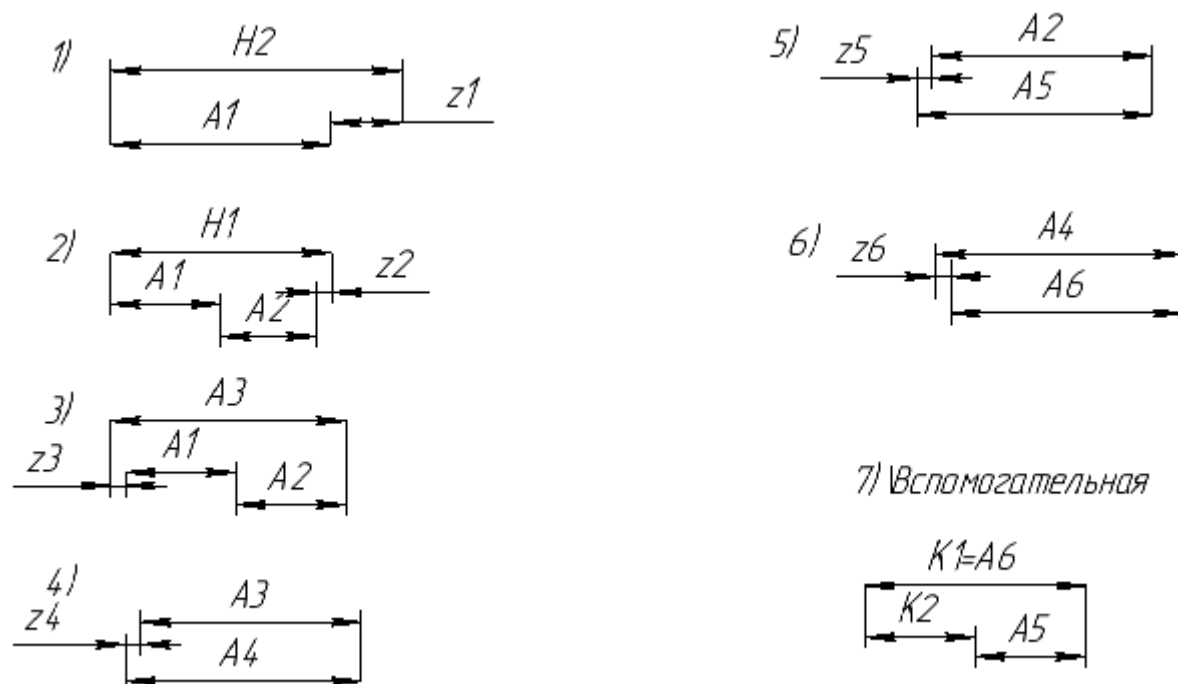


Рис. 3.3. Осевые размерные цепи

5) После построения всех размерных цепей составляется таблица, в которой определяется порядок решения цепей, где расчет начинается с последних цепей и заканчивается определением начальных размеров.

№	№ размерной цепи	закрывающее звено	определяемые размеры
1	7	A5	K2 K1
2	2	Z2	T_{H1} T_{A1} T_{A2}
3	3	Z3	T_{A1} T_{A2} T_{A3}
4	1	Z1	T_{A1} T_{H1}
5	4	Z4	T_{A3} T_{A4}
6	5	Z5	T_{A2} T_{A5}
7	6	Z6	T_{A4} T_{A6}

Табл. 3.1. Порядок решения размерных цепей

3.4.3. Методика расчёта размерных цепей

При решении размерных цепей используют два метода (вероятностный и максимум-минимум) и четыре способа решения технологических размерных цепей (способ отклонений, способ предельных значений, способ средних значений и способ координат средин полей допусков).

Выбор метода максимума-минимума обычно считается целесообразным при наличии совокупности следующих факторов:

- 1) невысокие требования к точности замыкающего звена;
- 2) малое количество звеньев;
- 3) изготовление детали в условиях единичного и мелкосерийного производства.

К подобным цепям относятся в первую очередь трёхзвенные цепи, замыкающим звеном которых является операционный припуск. Решать такие цепи рекомендуется способом предельных значений, так как они решаются через минимальное значение операционного припуска. Также таким методом можно решать часть осевых трёхзвенных и четырёхзвенных цепей,

замыкающим звеном которых являются:

размеры рабочего чертежа с общими допусками;

глубина термоупрочненного или наращенного слоя, заданная конструктором с точностью, сравнимой с общими допусками или грубее.

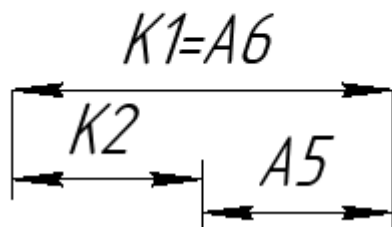
Эти цепи можно решать способом отклонений, способом координат средин полей допусков или способом средних значений в зависимости от способа задания размеров рабочего чертежа.

В остальных случаях рекомендуется применять вероятностный метод расчета размерных цепей способом средних значения или координат средин полей допусков.

3.4.4. Расчет осевых размерных цепей

1) Размерная цепь 7 (вспомогательная)

7) *Вспомогательная*



Дано: $K2=85h9(-0,087)$, $K1=110h9(-0,14)$, $A6= K1=110h10(-0,14)$.

Найти T_{A5} . Замыкающее звено $A5$, значит, используя вероятностный метод и найдем T_{A5} .

$$T_{K1} \geq \sqrt{T_{A5}^2 + T_{K2}^2}, \text{ значит}$$

$$T_{A5} \leq \sqrt{T_{K1}^2 - T_{K2}^2},$$

$$T_{A5} \leq \sqrt{140^2 - 87^2},$$

$$T_{A5} \leq 108 \text{ мкм}$$

$$T_{A5} = 0,052 \text{ мм, по IT=10, значит}$$

Решим цепь способом средних значений:

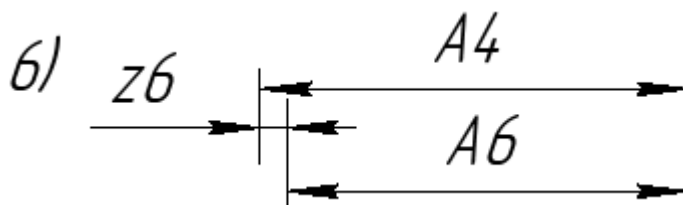
$$A_{\text{ср}} = \sum \vec{A}_{i\text{ср}} \sum \vec{A}_{i\text{ср}}$$

$A5=K1-K2=109,93-84,9565= 24,9735 \text{ мм}$, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска и получаем:

$$A5=25js9(\pm 0,026)$$

$$A6=110h9(-0,14)$$

2) Размерная цепь 6



Дано: $A_6 = 110h10(-0,14)$. Замыкающее звено – Z_6

Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{6max} = Z_{6min} + \sqrt{T_{A4}^2 + T_{A6}^2}$$

Допуск на размер A_4 примем по средней экономической точности IT9
 $TA_4 = 0,087$ мм.

Z_{6min} примем по ОСТ1.41512-86, $Z_{6min} = 0,77$ мм

$$Z_{6max} = 0,77 + \sqrt{0,087^2 + 0,14^2} = 0,126 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{6cp} = \frac{Z_{6max} + Z_{6min}}{2} = \frac{0,126 + 0,77}{2} = 0,448 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{icp} - \sum \overleftarrow{A}_{icp}$$

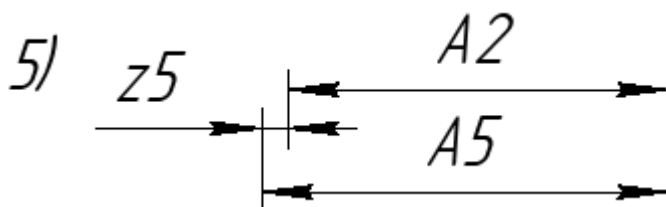
$$Z_{6cp} = A_{4cp} - A_{6cp}$$

$$A_{4cp} = A_{6cp} + Z_{6cp}$$

$A_{4cp} = 109,93 + 0,448 = 110,378$ мм, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$A_4 = 110,4/JS9(\pm 0,0435)$$

3) Размерная цепь 5



Дано: $A_5 = 25js10(\pm 0,026)$. Найти TA_2 . Замыкающее звено Z_5 , значит, используя вероятностный метод и найдем TA_5

Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{5max} = Z_{6min} + \sqrt{T_{A2}^2 + T_{A5}^2}$$

Допуск на размер A2 примем по средней экономической точности IT10
 $T_{A5}=0,084$ мм.

Z_{5min} примем по ОСТ1.41512-86, $Z_{5min}=0,77$ мм
 $Z_{5max}=0,77+\sqrt{0,087^2 + 0,084^2} = 0,121$ мм

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{5cp} = \frac{Z_{5max} + Z_{5min}}{2} = \frac{0,121 + 0,77}{2} = 0,446 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{icp} - \sum \overleftarrow{A}_{icp}$$

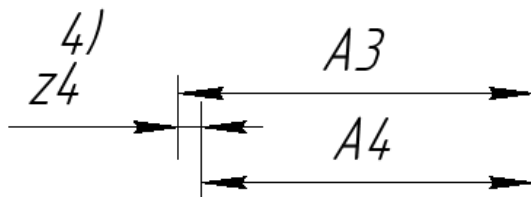
$$Z_{5cp} = A_{5cp} - A_{2cp}$$

$$A_{2cp} = A_{5cp} - Z_{6cp}$$

$A_{2cp} = 24,974 - 0,446 = 24,528$ мм, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$A2=24,5js10(\pm 0,026)$$

4) Размерная цепь 4



Дано: $A4=110,4js9(\pm 0,0435)$. Найти T_{A3} . Замыкающее звено $Z4$, значит, используя вероятностный метод и найдем T_{A3}

Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{4max} = Z_{4min} + \sqrt{T_{A4}^2 + T_{A3}^2}$$

Допуск на размер A2 примем по средней экономической точности IT10
 $TA2=0,14$ мм.

$Z5_{min}$ примем по ГОСТ1.41512-86, $Z5_{min}=0,35$ мм

$$Z4_{max}=0,35+\sqrt{0,087^2 + 0,14^2} = 0,515\text{мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{4cp} = \frac{Z_{4max} + Z_{4min}}{2} = \frac{0,151 + 0,35}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{icp} - \sum \overleftarrow{A}_{icp}$$

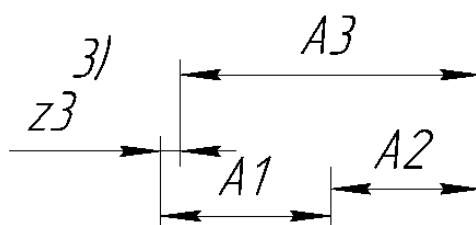
$$Z4_{cp} = A3_{cp} - A4_{cp}$$

$$A3_{cp} = A4_{cp} + Z4_{cp}$$

$A3_{cp} = 110,4 + 0,25 = 110,65$ мм, полученное значение округляем по
 ГОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$A3=110,7js10(\pm 0,07)$$

5) Размерная цепь 3



Дано: $A2=24,5js10(\pm 0,026)$, $A3=110,7js10(\pm 0,07)$. Найти $TA1$.

Замыкающее звено $Z4$, значит, используя вероятностный метод и найдем
 $TA1$

Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{3max} = Z_{3min} + \sqrt{T_{A1}^2 + T_{A2}^2 + T_{A3}^2}$$

Допуск на размер A1 примем по средней экономической точности IT12
 $TA1=0,35$ мм.

$Z3_{min}$ примем по ОСТ1.41512-86, $Z3_{min}=1,85$ мм
 $Z3_{max}=1,85+\sqrt{0,052^2 + 0,14^2 + 0,35^2} = 2,23$ мм

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{3cp} = \frac{Z_{3max} + Z_{3min}}{2} = \frac{2,23 + 1,85}{2} = 2,04 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{i cp} - \sum \overleftarrow{A}_{i cp}$$

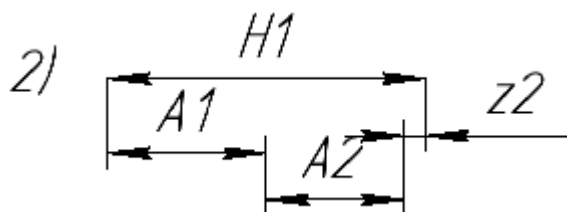
$$Z3_{cp} = A1_{cp} + A2_{cp} - A3_{cp}$$

$$A1_{cp} = Z3_{cp} - A2_{cp} + A3_{cp}$$

$A1_{cp} = 110,7 + 2,04 - 24,5 = 88,24$ мм, полученное значение
 округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения
 снимаемого припуска.

$$A1=88,2js10(\pm 0,175)$$

6) Размерная цепь 2



Дано: $A2=25js10(\pm 0,026)$, $A1=87,7js10(\pm 0,175)$. Найти TH1.

Замыкающее звено Z4, значит, используя вероятностный метод и найдем TH1

Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + \sqrt{T_{A1}^2 + T_{A2}^2 + T_{A3}^2}$$

Допуск на размер H1 примем по ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»

ТН1=1,2 мм.

Z2min примем по ОСТ1.41512-86, Z2min=1,85 мм

$$Z2_{max}=1,85+\sqrt{0,052^2 + 1,85^2 + 0,35^2} = 3,73\text{мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{2cp} = \frac{Z_{3max} + Z_{3min}}{2} = \frac{3,73 + 1,85}{2} = 2,79 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{icp} - \sum \overleftarrow{A}_{icp}$$

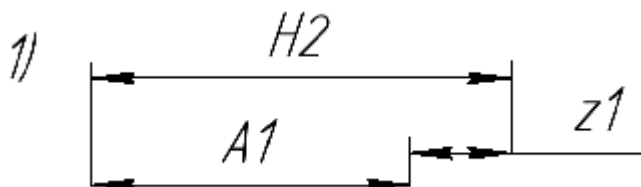
$$Z2_{cp} = H1 - A2_{cp} - A1_{cp}$$

$$H1_{cp} = A1_{cp} + Z2_{cp} + A2_{cp}$$

$H1_{cp} = 88,2 + 2,79 + 25 = 115,99$ мм, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$H1=115,49js14(\pm 0,435)$$

7) Размерная цепь 1



Дано: $A1=87,7js10(\pm 0,175)$. Найти ТН2. Замыкающее звено Z1, значит, используя вероятностный метод и найдем ТН1

Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{1max} = Z_{1min} + \sqrt{T_{A1}^2 + T_{H2}^2}$$

Допуск на размер Н2 примем по ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»

ТН1=1,2 мм.

Z_{1min} примем по ОСТ1.41512-86, $Z_{1min}=2,85$ мм

$$Z_{1max}=2,85+\sqrt{1,2^2 + 0,35^2} = 4,1\text{мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{1cp} = \frac{Z_{1max} + Z_{1min}}{2} = \frac{4,1 + 2,85}{2} = 3,48 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{icp} - \sum \overleftarrow{A}_{icp}$$

$$Z_{1cp} = H_2 - A_{1cp}$$

$$H_{2cp} = A_{1cp} + Z_{1cp}$$

$$H_{2cp} = 88,2 + 3,48 = 91,2 \text{ мм, полученное значение округляем по ОСТ}$$

1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$H_2=91,2js14(\pm 0,435)$$

Обозначение	Значение операционного размера	Замыкающее звено - припуск			
		Zmin	Zmax	Zcp	Метод расчета припуска
A6	A6=K1=110 js12(±0,175)	0,126	0,77	0,448	Вероятностный
A1	A1=88,2 js10(±0,175)	2,85	4,1	3,48	Вероятностный
A2	A2=24,5 js10(±0,026)	1,85	3,73	2,79	Вероятностный
A3	A3=110,7 js10(±0,07)	1,85	2,23	2,04	Вероятностный
A4	A4=110,4 js9(±0,0435)	0,151	0,35	0,25	Вероятностный
A5	A5=25 js9(±0,025)	0,121	0,77	0,446	Вероятностный
H1	H1=115,99js14(±0,435)	-	-	-	-
H2	H2=91,2js14(±0,435)	-	-	-	-

Таб. 3.2 - Сводная таблица операционных размеров

3.4.5. Составление эскиза совмещённых переходов и диаметральных размерных цепей

ЭСП диаметральных размеров составляется в порядке выполнения операций и переходов.

Вначале на поле чертежа наносится эскиз заготовки с условными обозначениями начальных диаметральных размеров заготовки. Затем в соответствии с планом обработки, начиная с первого перехода наносим на поле эскиза размер и снимаемый при этом припуск.

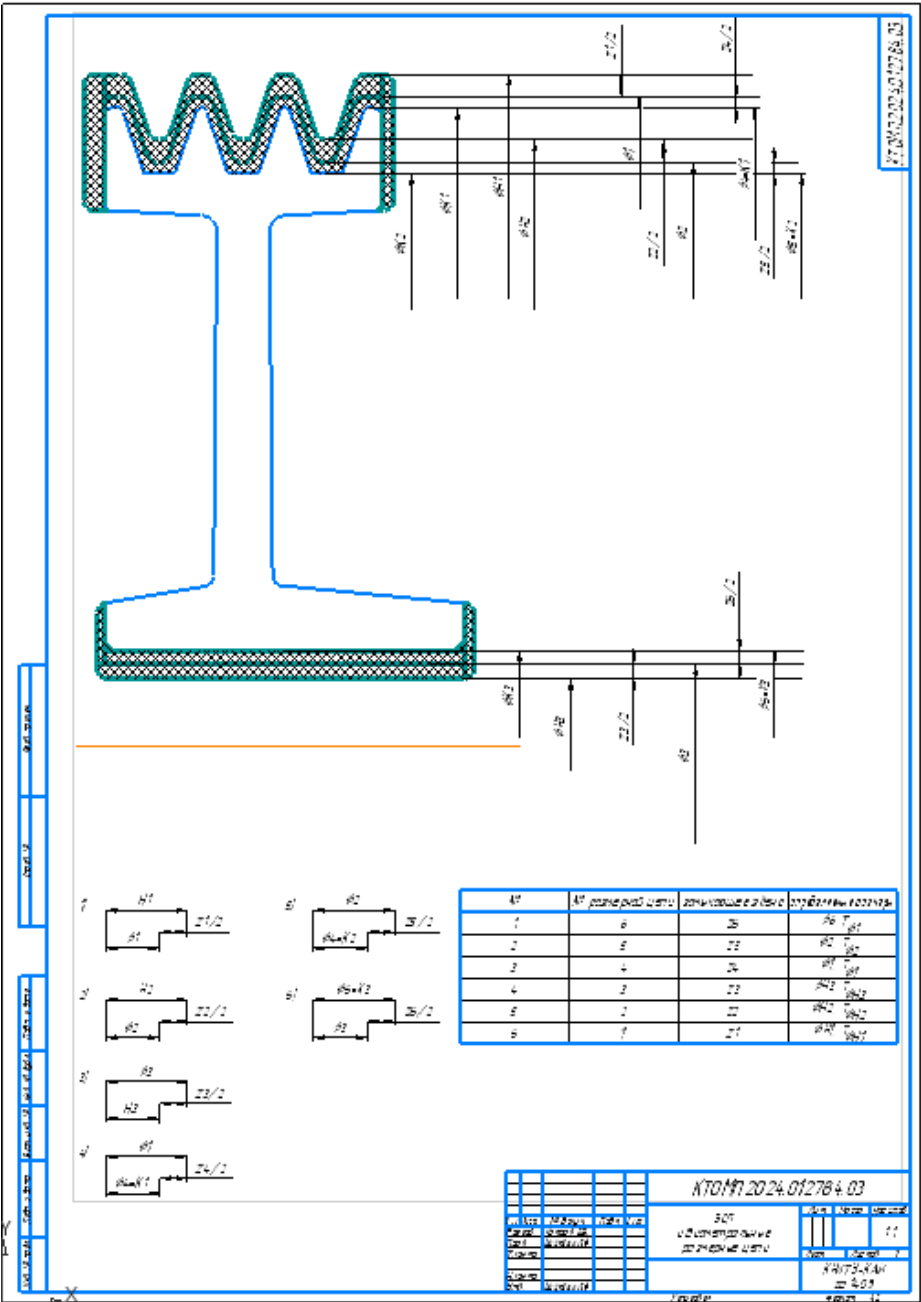


Рис. 3.4. Эскиз совмещённых переходов диаметральных размеров

Решение полученных размерных цепей осуществляется в обратном порядке, то есть с последней цепи, в которой известны заданные конструктором диаметральные размеры.

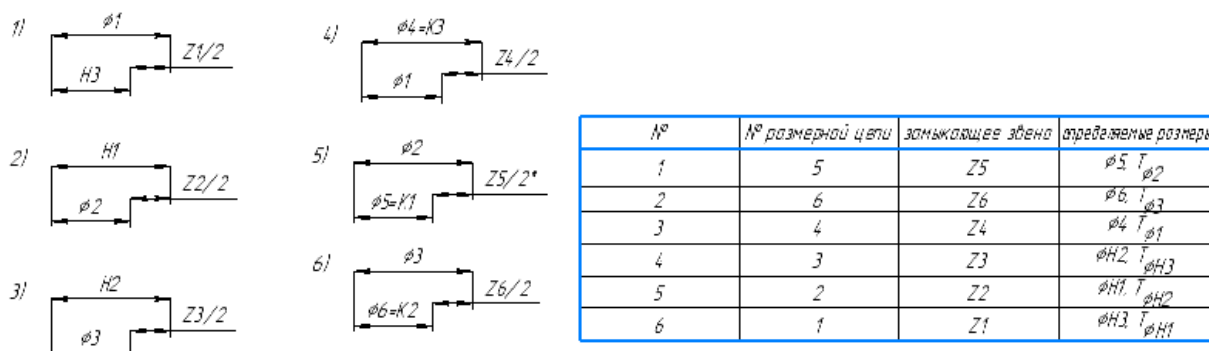
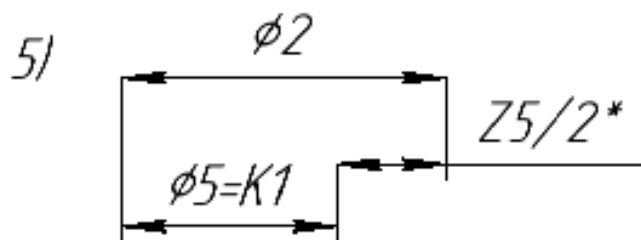


Рис. 3.5. Диаметральные размерные цепи и порядок их решения

2.4.6. Решение диаметральных размерных цепей

1) Размерная цепь 5



Известно: $\phi 5=K1=411H7^{(+0.063)}$ мм. Найти: $\phi 2$, $T_{\phi 2}$.

Закрывающее звено – Z5

Используем вероятностный метод. Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{5max} = Z_{5min} + \sqrt{T_{\phi 5}^2 + T_{\phi 2}^2}$$

Допуск на размер $\phi 2$ примем по средней экономической точности IT9
 $T_{\phi 5}=0,155$ мм.

Z_{6min} примем по ГОСТ 1.41512-86, $Z_{5min}=2,77$ мм

$$Z_{5max}=2,77+\sqrt{0,155^2 + 0,063^2} = 2,94\text{мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{6cp} = \frac{Z_{5max} + Z_{5min}}{2} = \frac{2,94 + 2,77}{2} = 2,855 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma \text{cp}} = \sum \vec{A}_{i\text{cp}} - \sum \bar{A}_{i\text{cp}}$$

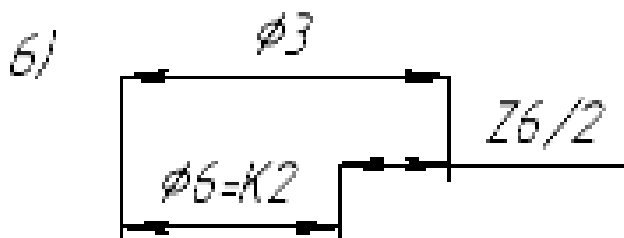
$$Z_{5\text{cp}} = \varnothing 2_{\text{cp}} - \varnothing 5_{\text{cp}}$$

$$\varnothing 2_{\text{cp}} = \varnothing 5_{\text{cp}} + Z_{5\text{cp}}$$

$\varnothing 2_{\text{cp}} = 410,9685 + 2,855 = 413,8235\text{мм}$, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$\varnothing 2 = 413,82JS9(\pm 0,0775)$$

2) Размерная цепь 6



Известно: $\varnothing 6=K2=371h7(-0,057)$ мм. Найти: $\varnothing 3$, $T_{\varnothing 3}$.

Замыкающее звено – Z_6

Используем вероятностный метод. Найдем максимальный припуск.

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{6\max} = Z_{6\min} + \sqrt{T_{\varnothing 3}^2 + T_{\varnothing 6}^2}$$

Допуск на размер $\varnothing 3$ примем по средней экономической точности IT9 $T_{\varnothing 6}=0,14$ мм.

$Z_{6\min}$ примем по ОСТ1.41512-86, $Z_{6\min}=2,43$ мм

$$Z_{6\max}=2,43+\sqrt{0,14^2 + 0,057^2} = 2,58 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{6\text{cp}} = \frac{Z_{6\max} + Z_{6\min}}{2} = \frac{2,58 + 2,43}{2} = 2,005 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma \text{cp}} = \sum \vec{A}_{i\text{cp}} - \sum \bar{A}_{i\text{cp}}$$

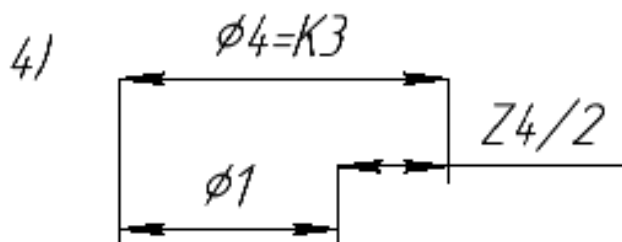
$$Z_{6cp} = \varnothing 3_{cp} - \varnothing 6_{cp}$$

$$\varnothing 3_{cp} = \varnothing 6_{cp} + Z_{6cp}$$

$\varnothing 3_{cp} = 370,9715 + 2,005 = 372,9765$ мм, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$\varnothing 3 = 372,98js9(\pm 0,07)$$

3) Размерная цепь 4



Известно: $\varnothing 4=K3=80h7(-0,035)$ мм. Найти: $\varnothing 1$, $T_{\varnothing 1}$.

Замыкающее звено – $Z5$

Используем вероятностный метод. Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{4max} = Z_{4min} + \sqrt{T_{\varnothing 1}^2 + T_{\varnothing 4}^2}$$

Допуск на размер $\varnothing 3$ примем по средней экономической точности IT9 $T_{\varnothing 1}=0,087$ мм.

Z_{4min} примем по ОСТ1.41512-86, $Z_{4min}=2,15$ мм

$$Z_{4max}=1,15+\sqrt{0,087^2 + 0,035^2} = 1,244 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{4cp} = \frac{Z_{4max} + Z_{4min}}{2} = \frac{2,24 + 2,15}{2} = 2,197 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{icp} - \sum \overleftarrow{A}_{icp}$$

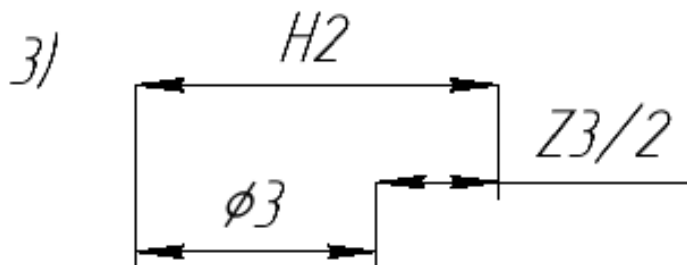
$$Z_{4cp} = \varnothing 4_{cp} - \varnothing 1_{cp}$$

$$\varnothing 1_{\text{ср}} = \varnothing 4_{\text{ср}} - Z 4_{\text{ср}}$$

$\varnothing 1_{\text{ср}} = 79,965 - 2,197 = 77,768$ мм, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$\varnothing 1 = 77,77 \pm 0,0435$$

4) Размерная цепь 2



Известно: $\varnothing 3 = 372,98 \pm 0,07$ мм. Найти: $H 2$, $T H 2$.

Замыкающее звено – $Z 3$

Используем вероятностный метод. Найдем максимальный припуск.

$$Z_{\text{max}} = Z_{\text{min}} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{2\text{max}} = Z_{2\text{min}} + \sqrt{T_{\varnothing 2}^2 + T_{\varnothing H 2}^2}$$

Допуск на размер $H 2$ примем по ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»

$$T_{H 2} = 2,2 \text{ мм.}$$

$$Z_{2\text{min}} \text{ примем по ОСТ 1.41512-86, } Z_{3\text{min}} = 1,63 \text{ мм}$$

$$Z_{3\text{max}} = 1,63 + \sqrt{0,14^2 + 2,2^2} = 3,83 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{3\text{ср}} = \frac{Z_{3\text{max}} + Z_{3\text{min}}}{2} = \frac{3,83 + 1,63}{2} = 2,73 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma \text{ср}} = \sum \vec{A}_{i\text{ср}} - \sum \vec{A}_{j\text{ср}}$$

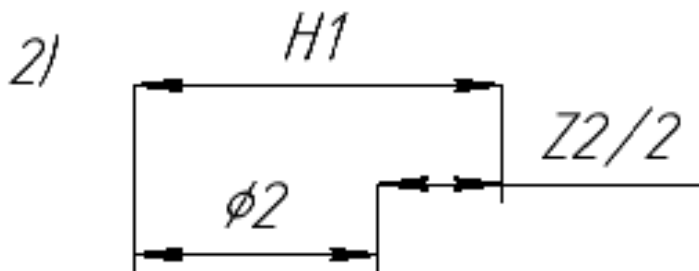
$$Z 3_{\text{ср}} = \varnothing H 2_{\text{ср}} - \varnothing 3_{\text{ср}}$$

$$\varnothing H2_{cp} = \varnothing 3_{cp} + Z3_{cp}$$

$\varnothing 1_{cp} = 372,98 + 2,8 = 377,331$ мм, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$\varnothing H2 = 377,33H14(+1,55)$$

5) Размерная цепь 2



Известно: $\varnothing 2 = 413,82H9(+0,155)$ мм. Найти: H3, TH3.

Замыкающее звено – Z2

Используем вероятностный метод. Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + \sqrt{T_{\varnothing 2}^2 + T_{\varnothing H1}^2}$$

Допуск на размер H1 примем по ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»

$$T_{\varnothing H1} = 3,2 \text{ мм.}$$

$$Z1_{min} \text{ примем по ОСТ 1.41512-86, } Z2_{min} = 1,63 \text{ мм}$$

$$Z2_{max} = 1,63 + \sqrt{0,155^2 + 3,2^2} = 4,832 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{2cp} = \frac{Z_{2max} + Z_{2min}}{2} = \frac{4,83 + 1,63}{2} = 2,26 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma cp} = \sum \vec{A}_{icp} - \sum \vec{A}_{icp}$$

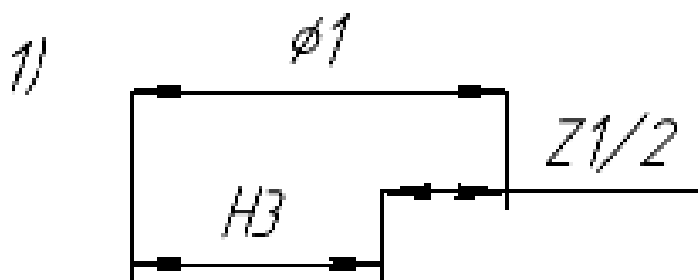
$$Z2_{cp} = \varnothing H1_{cp} - \varnothing 2_{cp}$$

$$\varnothing H1_{cp} = \varnothing 2_{cp} + Z2_{cp}$$

$\varnothing H1_{cp} = 413,82 + 3,26 = 417,08$ мм, полученное значение округляем по ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$\varnothing H1 = 417,08 H14(+1,55)$$

6) Размерная цепь 6



Известно: $\varnothing 1 = 77,77 JS9(\pm 0,0775)$ мм. Найти: H3, TH3.

Замыкающее звено – Z3

Используем вероятностный метод. Найдем максимальный припуск.

$$Z_{max} = Z_{min} + \sqrt{\sum T_i^2}$$

$$Z_{1max} = Z_{1min} + \sqrt{T_{\varnothing 1}^2 + T_{\varnothing H1}^2}$$

Допуск на размер H2 примем по ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»

$T_{\varnothing H1} = 1,6$ мм.

$Z1_{min}$ примем по ОСТ 1.41512-86, $Z1_{min} = 0,85$ мм

$$Z1_{max} = 0,85 + \sqrt{0,0864^2 + 3,6^2} = 4,451 \text{ мм}$$

Рассчитаем средний припуск:

$$Z_{1cp} = \frac{Z_{1max} + Z_{1min}}{2} = \frac{4,45 + 0,85}{2} = 2,65 \text{ мм}$$

Решим размерную цепь способом средних значений.

$$A_{\Sigma \text{cp}} = \sum \vec{A}_{i\text{cp}} - \sum \vec{A}_{i\text{cp}}$$

$$Z1_{\text{cp}} = \emptyset H3_{\text{cp}} - \emptyset 1_{\text{cp}}$$

$$\emptyset H3_{\text{cp}} = \emptyset 1_{\text{cp}} - Z1_{\text{cp}}$$

$\emptyset 1_{\text{cp}} = 77,77 - 3,15 = 74,62$ мм, полученное значение округляем по
ОСТ 1.41512-86 до ближайшего в сторону увеличения снимаемого припуска.

$$\emptyset H3 = 74,62 H14(+0,87)$$

Обозначение	Значение операционного размера	Замыкающее звено - припуск	
		Zcp	Метод расчета припуска
$\emptyset 1$	$\emptyset 1=77,77 \text{ js}10(\pm 0,175)$	4.15	Вероятностный
$\emptyset 2$	$\emptyset 2=413,82 \text{ js}10(\pm 0,026)$	3.26	Вероятностный
$\emptyset 3$	$\emptyset 3=372,98 \text{ js}10(\pm 0,07)$	2.8	Вероятностный
$\emptyset 4$	$\emptyset 4=K3=371 \text{ js}8(\pm 0,0435)$	2.19	Вероятностный
$\emptyset 5$	$\emptyset 5=K1=411 \text{ js}8(\pm 0,025)$	2.85	Вероятностный
$\emptyset 6$	$\emptyset 6=K2=80 \text{ H}78(+0,003)$	2.005	Вероятностный
$\emptyset \text{ H}1$	$\text{H}1=417,08 \text{ H}14(+1,55)$	-	-
$\emptyset \text{ H}2$	$\text{H}2=377,33 \text{ h}14(-1,55)$	-	-
$\emptyset \text{ H}3$	$\text{H}3=74,62 \text{ H}14(+0,87)$		

Табл. 3.3 Сводная таблица операционных размеров

3.5 Выбор технологического оснащения операций. Расчет режимов резания и норм времени

При выборе металлорежущего инструмента следует принимать во внимание такие аспекты, как конструкция и размеры, методы обработки, характеристики обрабатываемого материала, требуемая точность обработки и качество поверхности. Прочность режущего инструмента должна быть больше прочности обрабатываемого материала. Рекомендуется использовать стандартные инструменты, но в отдельных ситуациях целесообразно применять специализированные инструменты комбинированной формы, способные обрабатывать несколько поверхностей одновременно. Наибольшую эффективность демонстрируют твердосплавные инструменты с пластинами, разработанные для работы с материалами на высоких скоростях резания.

Правильный выбор режущего инструмента имеет огромное значение для повышения производительности и снижения затрат на обработку. При выборе типа и конструкции режущего инструмента учитываются способ обработки, свойства обрабатываемого материала, требуемая точность обработки и качество обрабатываемой поверхности.

Характер производства определяет выбор режущего инструмента с экономической точки зрения. Стандартные инструменты обычно являются более экономичным решением, поскольку они дешевле специальных.

Тип станка также влияет на выбор инструментов и аксессуаров. Мощные и точные станки обеспечивают точность и надёжность фиксации заготовки, а также позволяют использовать более эффективные инструменты.

Размер и состав деталей определяют выбор инструментов с точки зрения размеров и конструкции. Если обработка поверхностей или форм экономически нецелесообразна или технически невозможна с использованием стандартных методов, применяются специальные решения.

Расчет режимов резания произведем с помощью Sandvik ToolGuide.

Данна программа позволяет рассчитать режимы резания, а также подобрать существующий инструмент к созданной операции.

Для начала выберем материал, а именно «Grey cast iron» - серый чугун и укажем твердость.

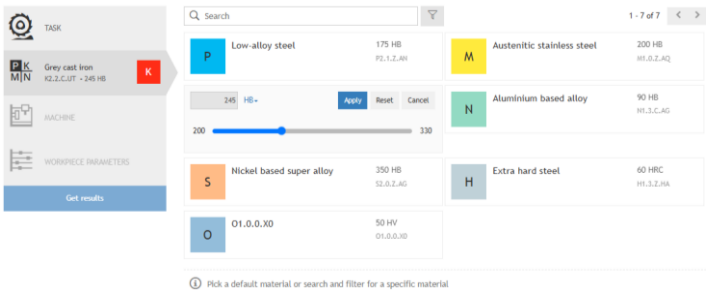


Рис. 3.6. Выбор материала

Следующим шагом будет выбор типа детали, в нашем случае симметричная вращающаяся - Symmetrical rotating.



Рис. 3.7. Выбор типа детали

Так как мы рассматриваем Оп. 10. Мы должны выбрать соответствующую обработку, а именно «Facing of tube».

Facing of tube

P

K

M

N

Grey cast iron
 K2.2.C.UT - 245 HB

K

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)
 25 kW, 4000 1/min

DMS
Not set
 WIDTH
Not set
 DME
Not set
 RRA
Not set

Get results

Lathe 02 - Small (≤ 6 " chuck)
 11 kW, 6000 1/min

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)
 25 kW, 4000 1/min

Lathe 04 - Large (12-16" chuck)
 37 kW, 2000 1/min

Lathe 05 - XLarge (16-21" chuck)
 45 kW, 1000 1/min

Lathe 01 - Sliding Head
 3.5 kW, 10000 1/min

Multitask 01 - Medium (8-12" chuck)
 22 kW, 5000 1/min
 18 kW, 12000 1/min

Multitask 02 - Large (16-24" chuck)
 45 kW, 1000 1/min
 30 kW, 8000 1/min

Рис. 3.10. Выбор станка.

После, когда будет выбран станок, указаны параметры заготовки, материал, будет сгенерирован инструмент и режимы резания.

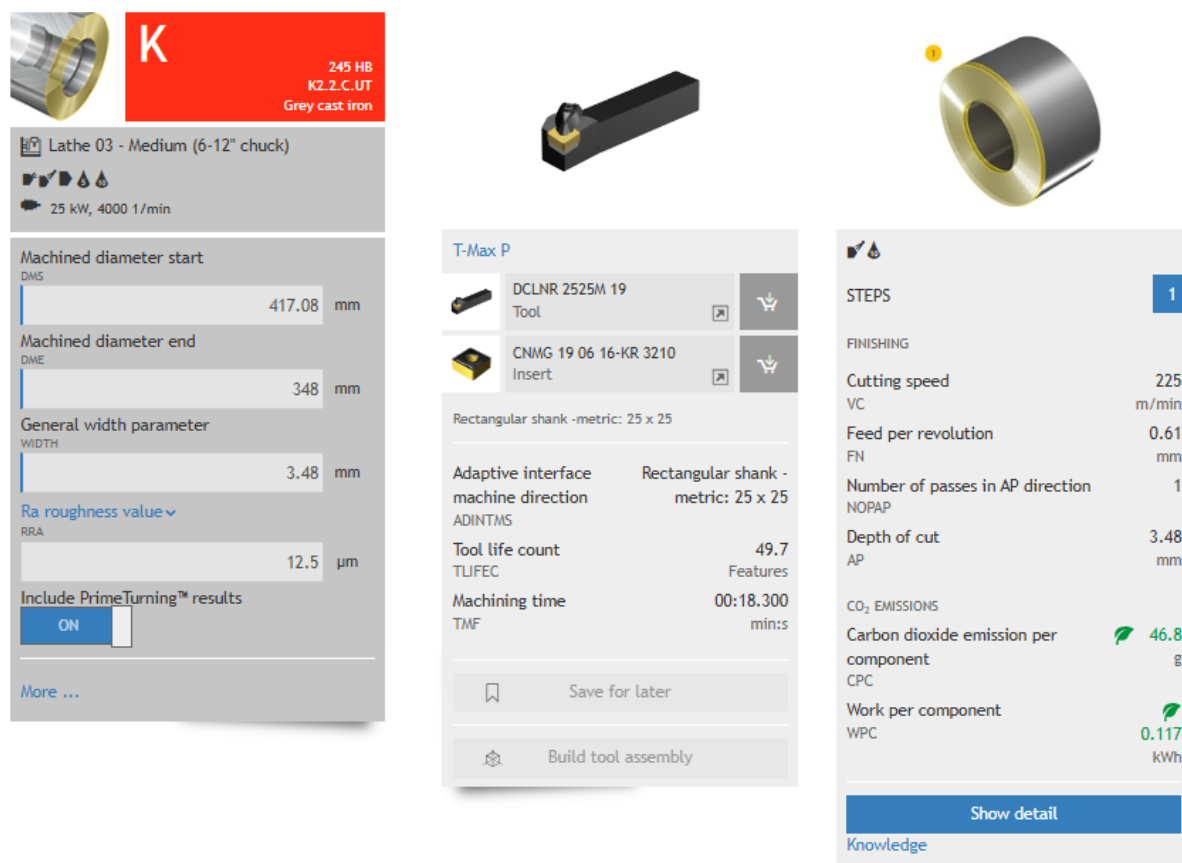


Рис. 3.11. Инструмент и режимы резания

Также, программа позволяет нам сформировать PDF файл, в котором будет более подробная информация об инструменте и режиме резания.

Summary of cutting data for Facing of tube

Material details

MC, K2.2.C.UT, Hardness: 245 HB, Material group:K2.2.C.UT

Task details



Facing of tube

Machined diameter start (DMS)	417.08 mm
Machined diameter end (DME)	348 mm
General width parameter (WIDTH)	3.48 mm
Ra roughness value on the face (RRA)	12.5 µm
Operation type (CTPT)	pre-machining and finishing
Workpiece surface condition code (WKPSCC)	Pre-machined
Cutting condition code (CUTCC)	Continuous cut

Recommended solution

		DCLNR 2525M 19		CNMG 19 06 16-KR 3210	
Type (ASMTYPE)		Indexable	Tool	Insert	
Operation (SUBOPSEQ)		Turning External only Facing			
Tool (TOOL)			DCLNR 2525M 19	CNMG 19 06 16-KR 3210	
No. of pieces (#)			1	1	
Adaption type (ADINTMS)		Rectangular shank -metric: 25 x 25			
Grade (GRADE)		3210			
Type of cooling (COOLSTL)		external			
Coolant (COOLT)		Emulsion 10%			
Machining time (TMF)	min:s	00:18.300			
No. of features (TLIFEC)		49.7			

Рис. 3.12. Параметры заготовки и инструмента

3.6. Выбор основного металлорежущего оборудования

В качестве основного металлорежущего оборудования на операцию 010 и 020 выбран Токарный станок с ЧПУ СКЕ 6150, имеющий функцию сверления. Данный станок из Китая и предназначен для комплексной обработки сложных деталей из различных конструкционных материалов в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. [19]

Он был выбран мной, так как имеет усиленный шпиндель с крутящим моментом 1300 Нм, 3-х диапазонную коробку скоростей. В таблице 2.2

показаны основные характеристики станка СКА 6150, на рисунке 2.2 изображен станок.



Рисунок 3.13 – Модель станка

Перемещения	
По оси X	630 мм
По оси Y	230 мм
По оси Z	1585 мм
Шпиндель	
Скорость шпинделя	До 4000 об/мин
Внутренний диаметр шпинделя	200 мм
Мощность электродвигателя	15 кВт
Автоматическая смена инструмента	
Объем инструментального магазина	6 шт
Максимальный диаметр	500 мм
Максимальная длина	2000 мм
Скорость подачи	
Быстрое перемещение по оси X	4 м/мин

Быстрое перемещение по оси Z	8 м/мин
Габариты станка	
Масса нетто	2600 кг
Длина	2577 мм
Ширина	1749 мм
Высота	1620 мм
Емкость бака СОЖ	535 л

Таблица 3.4 - Технические характеристики СКЕ 6150

3.7. Выбор средств измерения

Прибор ультрапрецизионный для измерения отклонений от круглости, цилиндричности, плоскостности и шероховатости поверхностей осебotoчных деталей БВ-2047



Рисунок 3.14 – Модель станка

Технические характеристики

Предел измерения по координатной оси:

X (радиальное направление), мм 200

Z (осевое направление), мм 350

					КТОМП.2024.0127846.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		75

С (вращение), угл. градусы 360

Шаг дискретности отсчета координатных перемещений по оси

X и Z, мкм 0,1

С, угл. с 10

Диапазон измерений контактного датчика отклонений, мм
 $\pm 1/\pm 0,2/\pm 0,05$

Диапазон измерений бесконтактного датчика отклонений, мм 5

Шаг дискретности отсчета датчика отклонений, мкм 0,1/0,01/0,001

Диаметр стола, мм ≥ 320

Максимальная масса измеряемых деталей, кг 25

Измерение линейных размеров

Диапазон измерения наружных размеров, мм:

диаметральных от 3 до 320

осевых от 0 до 320

Диапазон измерения наружных размеров, мм:

диаметральных от 6 до 320

осевых от 3 до 320

Квалитет допуска измеряемых деталей до 6

Измерение формы и расположения поверхностей[20]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачей выпускной квалификационной работы является проектировка процесса изготовления детали, основываясь на чертеже детали и характере предприятия.

Для выполнения поставленных задач мы, используя конструкторские навыки, произвели анализ детали, спроектировали отливку и выбрали способ ее литья, при этом обосновывая все действия. То есть использовали усвоенные нами конструкторские умения. Назначение припусков, выбор литейной оснастки и многие другие решения были основаны на работе ГОСТами и технической литературой.

Стоит также отметить, что выбор оснастки, способа изготовления, размера отливки, станки и др. были также ориентированы на возможность автоматизированного производства.

Стоит отметить, что изделия, применяемые в сборочных операциях, использовались стандартные, иначе говоря, мы получаем преимущества в четких рекомендациях и едином подходе к операциям сборки, а это позволяет нам обеспечивать высокий стандарт качества на производстве.

Для создания форм применялась технология Cold Box Amin процесс. Данная технология позволяет добиться высокой точности форм, а также избавиться от образования трещин, пустоты и других дефектов.

CONCLUSION

The task of the final qualification work is to design the manufacturing process of the part, based on the drawing of the part and the nature of the enterprise.

To complete the tasks set, using our design skills, we analyzed the part, designed the casting and chose the method of casting it, while justifying all actions. That is, we used the design skills we learned. The assignment of allowances, the choice of casting equipment and many other solutions were based on the work of GOST standards and technical literature.

It is also worth noting that the choice of tooling, manufacturing method, casting size, machine tools, etc. were also focused on the possibility of automated production.

It is worth noting that the products used in assembly operations were standard, in other words, we get advantages in clear recommendations and a unified approach to assembly operations, and this allows us to ensure a high standard of quality in production.

Cold Box Amin process technology was used to create the forms. This technology allows you to achieve high precision shapes, as well as get rid of the formation of cracks, voids and other defects.

Список использованных источников и литературы

1. Классификатор ЕСКД | Код 711146 |
2. Последовательность и правила проектирования технологических процессов. Тема 2 - online presentation (ppt-online.org)
3. ГОСТ 1412–85
4. СЧ20 - Чугун серый Марочник стали и сплавов (splav-kharkov.com)
5. 8. Термическая обработка серого литейного чугуна (studfile.net)
6. 2. Назначение припусков на механическую обработку (studfile.net)
7. Модельная оснастка (studfile.net)
8. Методические указания к курсовому проекту ТИЛП Челушкин
9. 10. Литейное производство. Литейные сплавы и их свойства. (studfile.net)
10. Расчет литниковой системы отливки (studfile.net)
11. ГОСТ 2138-91 Пески формовочные. Общие технические условия
12. Индукционная тигельная печь GW-0.25-250/1JJ (prominductor.ru)
13. 10. Способы интенсификации процесса сталеварения (studfile.net)
14. Технология плавки чугуна в вагранке (helpiks.org)
15. Виды брака при литье под давлением и методы их устранения (studfile.net)
16. Ручная и машинная формовка - Технология металлов (pereosnastka.ru)
17. Обработка чугуна - Рекомендации от экспертов (enex.market)
18. portal.tpu.ru.ppt (live.com)
19. Токарный станок DMTG SKE6150z/1000 с ЧПУ Fanuc - цена, отзывы, характеристики с фото, инструкция, видео - купить в Москве и РФ. (rustan.ru)
20. Прибор ультрапрецизионный для измерения отклонений БВ-2047 | АО «НИИИзмерения» (micron.ru)