

Домашнее задание №1

по дисциплине «Технология конструкционных материалов»
***«Проектирование детали «зубчатое колесо» и разработка
технологии её изготовления из профиля
обработкой резанием»***

Студент:

Сухоносенко В.Б.

Группа:

СМ10-31

Преподаватель:

Третьяков А.Ф.

Вариант	Д.З.	Сдано	Проверил	Исправил	Зачёт
Вариант 17	№1	31.10.23			

Оглавление

БЛОК-СХЕМА.....	3
ЧЕРТЁЖ ИСХОДНОЙ ДЕТАЛИ	4
АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	5
<i>Характеристика поверхностей</i>	<i>5</i>
<i>Выбор вида механической обработки резанием.....</i>	<i>6</i>
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК С ПОМОЩЬЮ МАТРИЦЫ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ.....	6
ВЫБОР ЗАГОТОВКИ	8
УСЛОВИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ	9
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ	10
<i>Токарная операция: станок токарно-револьверный.....</i>	<i>10</i>
<i>Операция долбления. Вертикально-долбёжный станок.</i>	<i>11</i>
<i>Операция зубофрезерованияю Зубофрезерный полуавтомат.</i>	<i>12</i>
ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ	12
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ.....	12
<i>Вывод.....</i>	<i>13</i>

Блок-схема

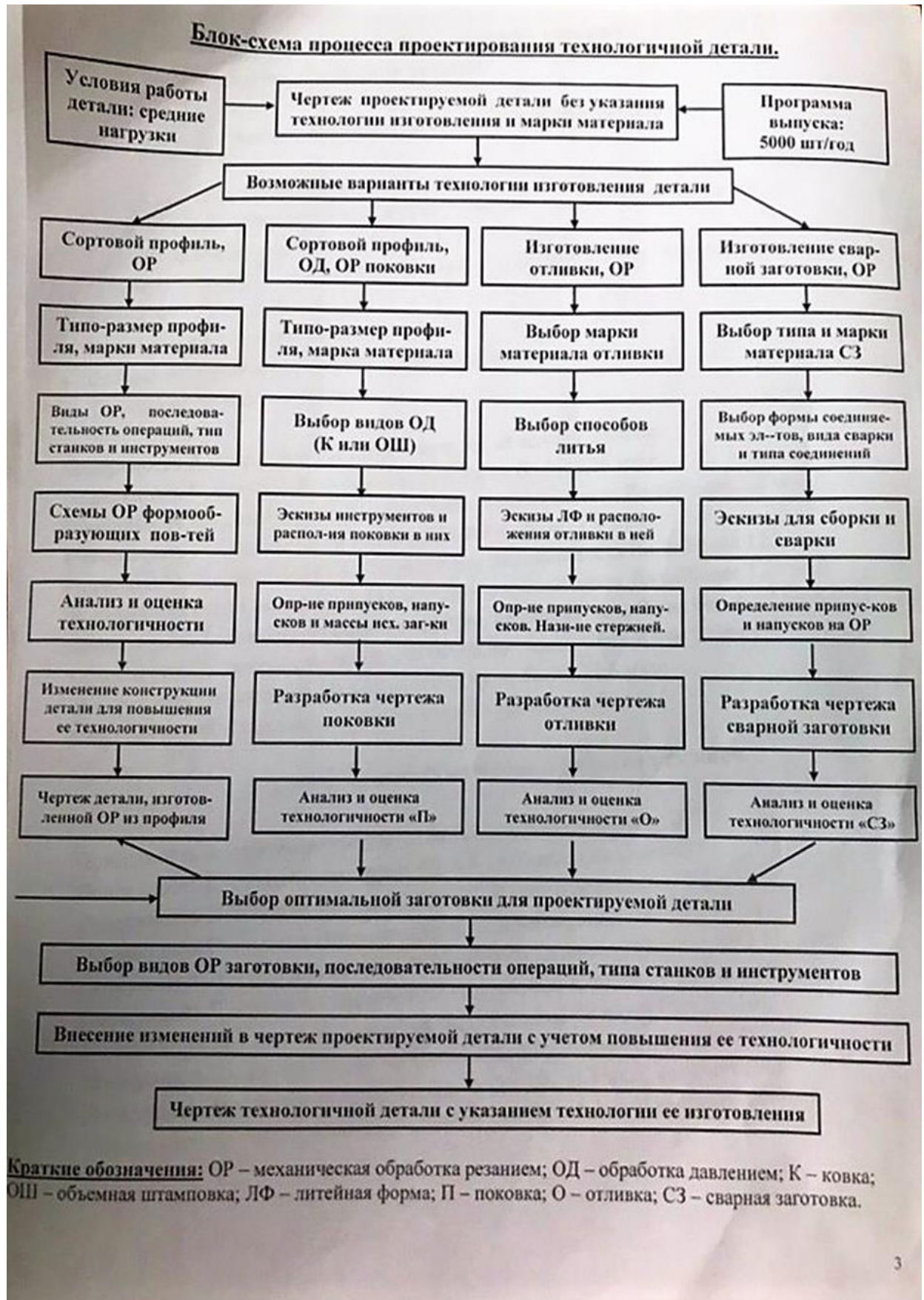


Рисунок 1 - Блок-схема процесса проектирования технологической детали

Чертёж исходной детали

11

Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\checkmark)}$

Модуль	<i>m</i>	1.5
Число зубьев	<i>z</i>	134
Степень точности		8-C
Делительный диаметр	<i>d</i>	201

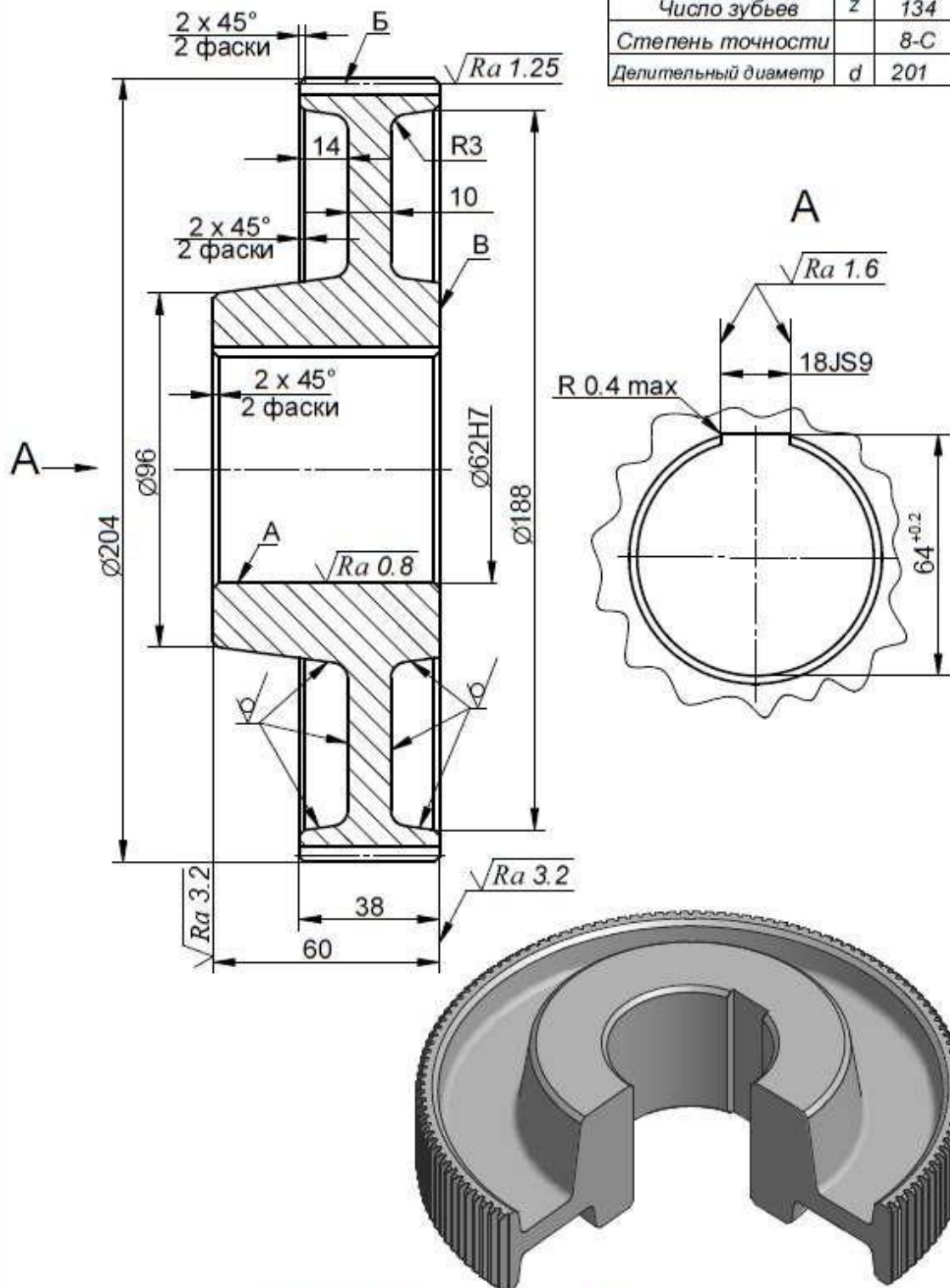


Рисунок 2 - Чертёж исходной детали (колесо зубчатое)

Анализ исходных данных

Тип детали – тело вращения, жёсткая конструкция, так как соотношение $L/d=0,3<5$.

Производство – крупносерийное (5000 шт. в год)

Зубчатое колесо должно быть выполнено с высокой степенью точностью. Степень ответственности детали – ответственная, так как зубчатое колесо применимо в важных частях машин и механизмов.

В соответствии с ГОСТ 1643-81 степени точности 8С цилиндрических зубчатых колёс соответствуют средние передачи.

Температурные условия – от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$.

Предельное напряжение $\sigma_b = 600$ МПа.

Характеристика поверхностей

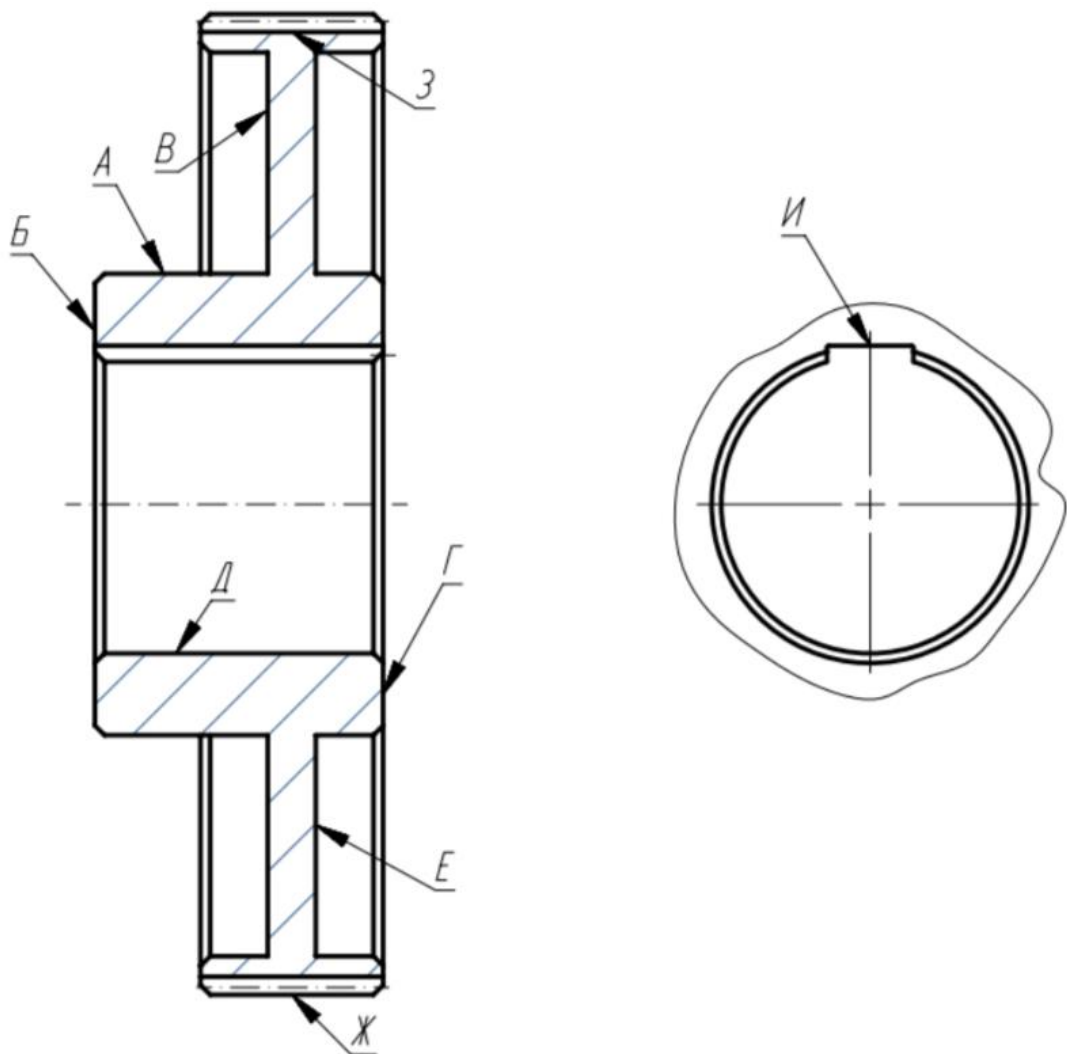


Рисунок 3 - Обозначения поверхностей

Деталь включает поверхности: торцовые, наружные и внутренние цилиндрические, отверстие, фаски, паз, поверхность зубьев.

Поверхность А – цилиндрическая наружная, шероховатость $Ra \leq 6.3$.

Поверхность Б – торцевая, шероховатость $Ra \leq 3.2$.

Поверхность В – плоская, шероховатость $Ra \leq 6.3$.

Поверхность Г – торцевая, шероховатость $Ra \leq 6.3$.

Поверхность Д - цилиндрическое внутреннее отверстие. Диаметр 63 мм, шероховатость $Ra \leq 0.8$.

Поверхность Е – плоская, шероховатость $Ra \leq 6.3$.

Поверхность Ж - цилиндрическая наружная, шероховатость $Ra \leq 1.25$.

Поверхность З – поверхность зубьев, шероховатость $Ra \leq 1.25$.

Поверхность И - плоская, паз, шероховатость $Ra \leq 1,6$.

Выбор вида механической обработки резанием

Поверхность «А» - чистовое точение ($Ra\ 6.3 - 3.2$, мкм).

Поверхность «Б» - чистовое точение ($Ra\ 6.3 - 3.2$, мкм).

Поверхность «В» - чистовое точение ($Ra\ 6.3 - 3.2$, мкм).

Поверхность «Г» - чистовое точение ($Ra\ 6.3 - 3.2$, мкм).

Поверхность «Д» - развёртывание тонкое ($Ra\ 0.8 - 0.2$, мкм).

Поверхность «Е» - чистовое точение ($Ra\ 6.3 - 3.2$, мкм).

Поверхность «Ж» - растачивание тонкое ($Ra\ 3.2 - 0.8$, мкм).

Поверхность «З» - зубофрезерование чистовое методом обкатки ($Ra\ 1.25 - 0.63$, мкм).

Поверхность «И» - долбление чистовое ($Ra\ 1.6 - 0.8$, мкм).

Выбор оптимального способа изготовления заготовок с помощью матрицы влияния факторов

Выбор будет осуществляться из условий: крупносерийное производство (5000 шт.), $\sigma_B \geq 600$ МПа.

Для металлургического производства профилей выберем Сталь 35Х, которая имеет временное сопротивление $\sigma_B = 735$ МПа. Содержание углерода в данной марке стали – от 0,33 до 0,37% (хорошая обрабатываемость), содержание Хрома – от 0,8 до 1,10% (повышенная прочность, стойкость на истирание и закаливаемость).

Определим форму и размер заготовки в соответствии с ГОСТ 2590-2006.

длина заготовки - 65 мм, подходящий диаметр заготовки в соответствии с ГОСТ – 210 мм.

$$\text{Круг } \frac{210 \times 65 \text{ ГОСТ } 2590 - 2006}{35X \text{ ГОСТ } 4543 - 2016}$$

Изготовление зубчатого колеса из сортового профиля обладает низкой технологичностью, так как размеры заготовки недостаточно близки к размерам получаемой детали, однако оно удовлетворяет требованию высокой точности изготовления и подходит для опытной партии.

Для обработки давлением выберем сталь 35 ГОСТ 1050 – 2013. Изготовление поковок будет производиться методом горячей объемной штамповки в закрытом штампе с последующей горячей накаткой зубьев зубчатого колеса, что повышает износостойкость зубчатых колёс. Помимо этого, повышается производительность металла.

В качестве заготовки используем профиль круглого сечения:

$$\text{Круг } \frac{210 \text{ ГОСТ } 2590 - 2006}{35 \text{ ГОСТ } 1050 - 2013}$$

Метод изготовления заготовок	Фактор					
	Форма и размеры заготовки	Требуемая точность и состояние поверхностного слоя	Технологические свойства материала, проектируемой детали	Годовая программа выпуска деталей	Производственные возможности предприятия	Сумма коэффициентов
Металлургическое производство профилей	0	1	1 Сталь 35X	1	1	4
Метод обработки давлением	1	0	1 Сталь 35	1	1	4
Метод порошковой металлургии	0	1	0	1	0	2
Метод литья	1	0	1 Сталь 45ФЛ	1	0	3
Метод сварки	0	0	1 Сталь 30ХГСА	0	1	2

Таблица 1 – матрица влияния факторов

Для литья выберем сталь 45ФЛ ГОСТ 977-99, обладающую пределом прочности $\sigma_b = 687$ МПа. Применение высокопрочных чугунов не подходит для работы при высокой угловой скорости зубчатого колеса. Отливки изготавливаются литьём в песчаные формы, что является экономически оправданным, так как позволяет добиться серийного производства в 5000 изделий в год.

Из данных в таблице 1 можно сделать вывод, что наиболее оптимальным являются обработка профиля резанием и заготовки давлением с последующей обработкой резанием.

Выбор заготовки

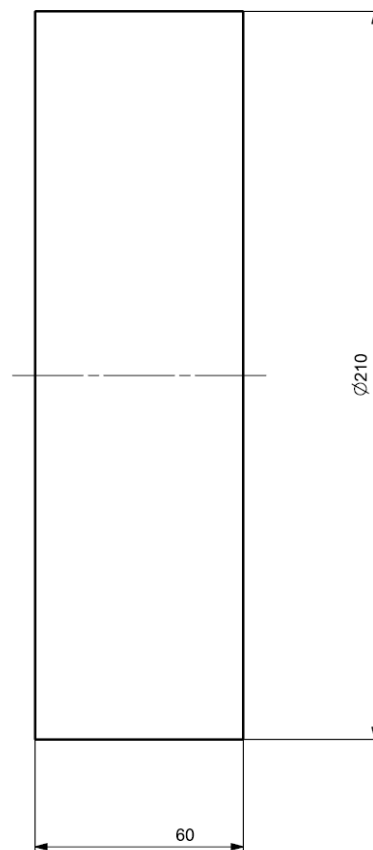


Рисунок 4 - Эскиз заготовки

Заготовка – профиль кругового сечения.

Диаметр – 210 мм (ГОСТ 2590 – 2006).

Номинальная длина – 70 мм.

Материал – Сталь 35Х.

Условия технической реализации разработки поверхностей

Поверхность Ж.

- Вид обработки – чистовое точение.
- Оборудование – токарно – револьверный станок;
- Режущие инструменты – токарный проходной прямой резец;
- Установить заготовку в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне, так как конструкция жёсткая.

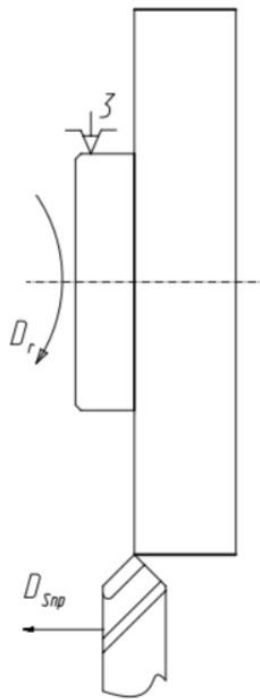


Рисунок 5- Схема обработки поверхности "Ж"

Поверхность Д.

- Вид обработки – сверление, рассверливание, развёртывание.
- Оборудование - Станок токарно-револьверный.
- Режущий инструмент - спиральное сверло, спиральное сверло большего диаметра, развертка.
- Установить заготовку в 3-х кулачковом самоцентрирующем патроне, т.к. конструкция жёсткая. Просверлить глухое отверстие, рассверлить сквозное отверстие, выполнить развёртывание поверхности отверстия для нужной шероховатости.
- Схема обработки: D_r у заготовки, закрепление в 3-х кулачковом патроне, D_s продольное.

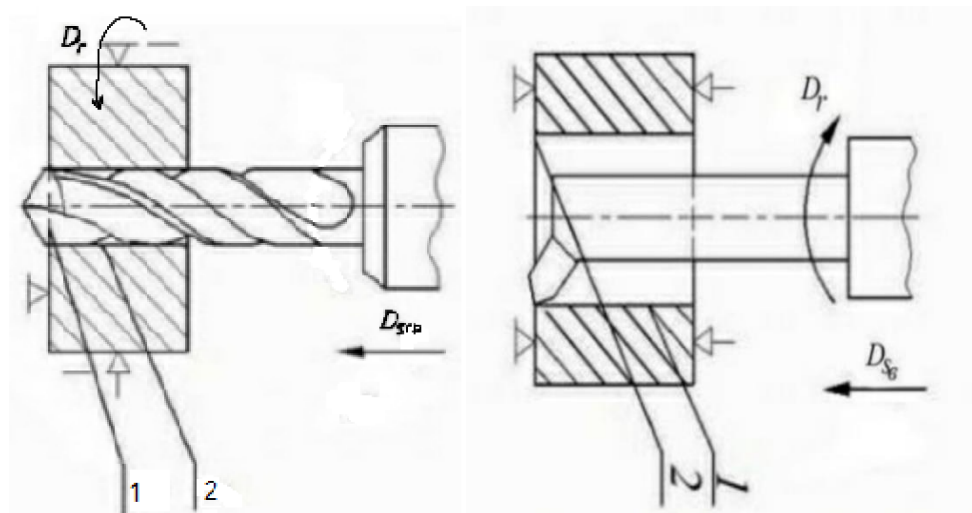


Рисунок 6 - Схема обработки поверхности "II"

Поверхность 3.

- Вид обработки – зубофрезерование.
- Оборудование – зубофрезерный полуавтомат.
- Закрепить на оправке вращающегося стола.
- Инструмент – червячная модульная фреза.

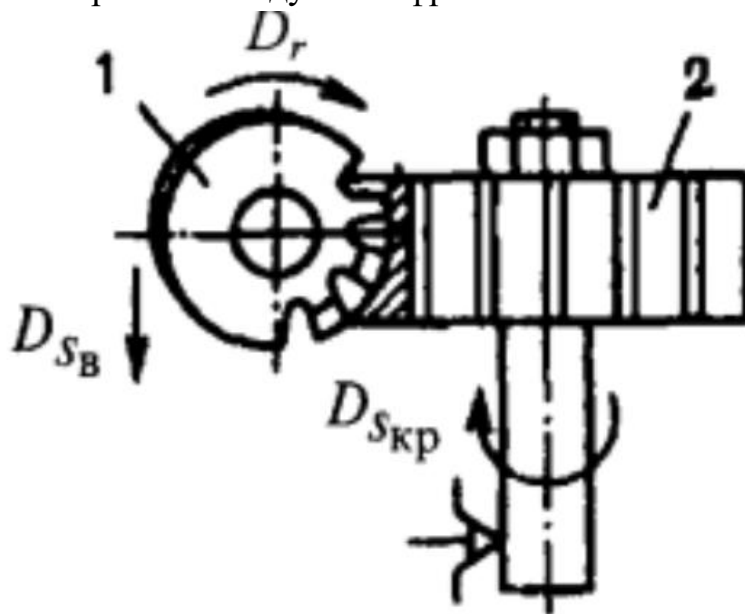


Рисунок 7 - Схема обработки поверхности "3"

Последовательность механической обработки поверхности

Токарная операция: станок токарно-револьверный

Установ 1.

1. Установить заготовку в трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон по поверхности «Ж».

2. Обточить наружную цилиндрическую поверхность «А» диаметром 95 мм.
Инструмент: токарный проходной упорный резец.
3. Подрезать торцевую поверхность «Б» и снять фаску $2 \times 45^\circ$.
Инструмент: токарный проходной отогнутый резец.
4. Проточить торцевую канавку на поверхности «В» на глубину 13 мм.
Инструмент: токарный прорезной резец.
5. Расточить отверстие «В» диаметром $d=190$ мм на глубину 15 мм.
Инструмент: токарный проходной упорный резец.

Установ 2.

1. Установить заготовку в трехкулачковый самоцентрирующийся патрон по поверхности «А».
2. Подрезать торцевую поверхность «Г» и снять фаску $2 \times 45^\circ$.
Инструмент: токарный проходной отогнутый резец.
3. Обточить наружную цилиндрическую поверхность «Ж» диаметром 204 мм. Инструмент: токарный проходной прямой резец.
4. Просверлить глухое отверстие, цилиндрическую поверхность диаметром 56 мм (диаметр сверла по ГОСТ 885-77) под поверхность «Д».
5. Рассверлить отверстие «Д» до диаметра $d=60$ мм.
Инструмент: спиральные сверла.
6. Выполнить развёртывание отверстия до диаметра 62 мм. Инструмент: развёртка.
7. Проточить торцевую канавку на поверхности «Е» на глубину 13 мм.
Инструмент: токарный прорезной резец.
8. Расточить отверстие «Е» диаметром $d=190$ мм на глубину 15 мм.
Инструмент: токарный проходной упорный резец.

Операция долбления. Вертикально-долбёжный станок.

1. Установить заготовку в трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон по поверхности «А»
2. Выполнить долбление паза (Поверхность «И»)
Инструмент: резец долбёжный.

Операция зубофрезерования Зубофрезерный полуавтомат.

1. Закрепить заготовку на оправке вращающегося стола.
2. Выполнить зубофрезерование.

Инструмент: червячная модульная фреза

Оценка технологичности конструкции детали

Учитывая типовые правила проектирования деталей машин, а также условия обработки поверхностей проектируемой детали, предлагаются следующие рекомендации по улучшению технологичности конструкции:

1. Заменить конические поверхности цилиндрическими. Уменьшить толщину стенок зубчатого колеса в силу повышенной σ_b материала.
2. Исключить излишние скругления в местах сопряжения плоских и цилиндрических поверхностей.
3. Уменьшение уровня шероховатости сопрягаемых поверхностей увеличит износостойкость и улучшит сопряжение деталей.

Анализ технологичности конструкции детали

Вычислим КИМ, используя соотношение $m_d/m_{заг}$:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{V_{\text{дет}}}{V_{\text{заг}}} = \frac{509440 \text{ мм}^3}{2078164 \text{ мм}^3} = 0,25$$

№	Признаки технологичности	Оценка
1	Хорошая обрабатываемость резанием материала заготовки (максимальная величина коэффициента относительной обрабатываемости)	K=1,3 +
2	Максимальная весовая точность заготовки (mд/ mз)	0,29 -
3	Низкий уровень напряжений в заготовке	+
4	Унификация размеров и форм обрабатываемых элементов заготовки для сокращения номенклатуры используемого инструмента	+
5	Геометрическая форма и соотношение размеров заготовки, обеспечивающие возможность использования высокопроизводительной обработки	+
6	Обработка заготовок на проход для повышения производительности, получения высокой точности и малой шероховатости обрабатываемых поверхностей	+
7	Геометрическая форма обрабатываемых поверхностей, обеспечивающая равномерную и безударную работу инструмента	+
8	Свободный подход и сквозной проход режущего инструмента при обработке поверхностей заготовки	+
9	Обработка точных, соосных и параллельных отверстий с одного установка	+
10	Диаметральные размеры валов и отверстий расположены в возрастающей (убывающей) последовательности	+

11	Четкое разделение поверхностей заготовки, обрабатываемых на различных технологических операциях, разным инструментом и различной степенью точности	+
12	Расположение обрабатываемых поверхностей в одной плоскости для обеспечения формоизменения заготовки с одного установа	-
13	Отсутствие одностороннего давления на осевой инструмент при обработке заготовки	+
14	Высокая и равномерная жесткость обрабатываемых участков заготовки и снятия фасок	+

Вывод

Результаты анализа сообщают о том, что данный способ получения изделия обладает низкой технологичностью, так как применяется 2 установка при обработке на станках токарной группы. Значительная часть исходной заготовки удаляется в стружку. КИМ = 0,25

Домашнее задание №2
по дисциплине «Технология конструкционных материалов»
**«Проектирование детали «зубчатое колесо» и
разработка технологии её изготовления из профиля
обработкой резанием»**

Студент:

Сухоносенко В.Б.

Группа:

СМ10-31

Преподаватель:

Третьяков А.Ф.

Вариант	Д.З.	Сдано	Проверил	Исправил	Зачёт
Вариант 17	№1	12.12.2023			

Оглавление

БЛОК-СХЕМА.....	4
ЧЕРТЁЖ ИСХОДНОЙ ДЕТАЛИ	6
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАБОТКОЙ ДАВЛЕНИЕМ	6
<i>Анализ исходных данных</i>	<i>6</i>
<i>Выбор вида обработки давлением</i>	<i>6</i>
<i>Разработка технологического процесса изготовления поковок</i>	<i>7</i>
<i>Определение размеров исходной заготовки</i>	<i>9</i>
<i>Последовательность изготовления поковки горячей объемной штамповкой.....</i>	<i>9</i>
<i>Анализ технологичности конструкции детали.....</i>	<i>11</i>
<i>Вывод.....</i>	<i>12</i>
ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ.....	13
<i>Анализ исходных данных</i>	<i>13</i>
<i>Выбор способа изготовления отливки</i>	<i>13</i>
<i>Разработка чертежа элементов литейной формы.....</i>	<i>14</i>
<i>Расчёт припуска на механическую обработку.....</i>	<i>14</i>
<i>Выбор величины литейных углов и радиусов скруглений в отливке</i>	<i>15</i>
<i>Определение количества стержней, их границ и размеров стержневых знаков.....</i>	<i>16</i>
<i>Схема литейной формы и конечный чертёж отливки.....</i>	<i>17</i>
<i>Оценка технологичности литой детали.....</i>	<i>18</i>
<i>Вывод.....</i>	<i>19</i>
ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ	19
<i>Анализ чертежа детали</i>	<i>19</i>

<i>Анализ размеров заготовок.....</i>	<i>19</i>
<i>Выбор типа сварного соединения и вида швов.....</i>	<i>20</i>
<i>Определение массы наплавленных швов.....</i>	<i>21</i>
<i>Анализ технологичности сварной конструкции.....</i>	<i>22</i>
<i>Вывод.....</i>	<i>23</i>

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ДЕТАЛИ..... 23

<i>Последовательность механической обработки резанием.....</i>	<i>24</i>
<i>Токарная операция: станок токарно-револьверный.....</i>	<i>24</i>
<i>Операция долбления. Вертикально-долбёжный станок.</i>	<i>24</i>
<i>Операция зубофрезерованияю Зубофрезерный полуавтомат.</i>	<i>24</i>

Блок-схема

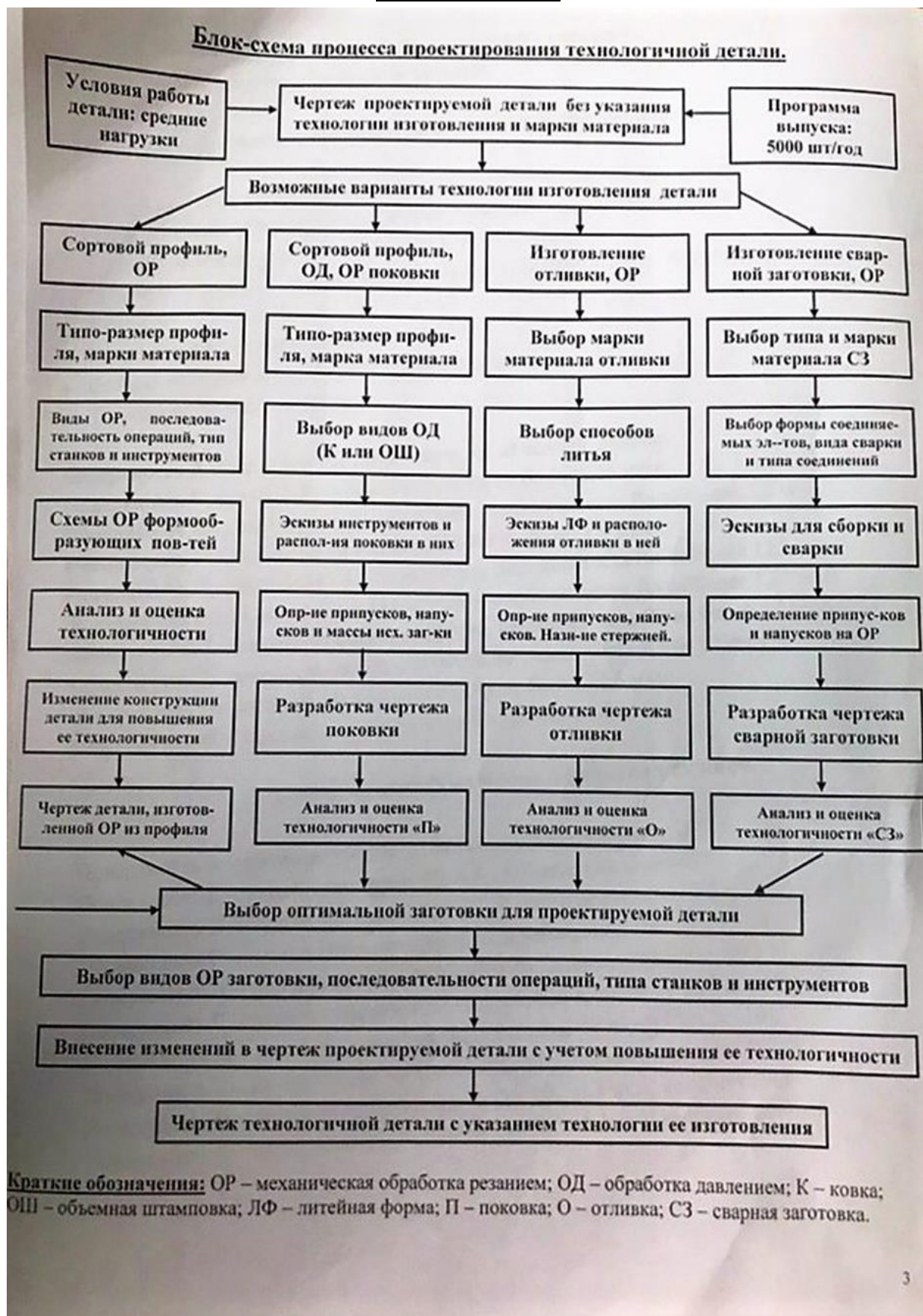


Рисунок 1 - Блок-схема процесса проектирования технологичной детали

Чертёж исходной детали

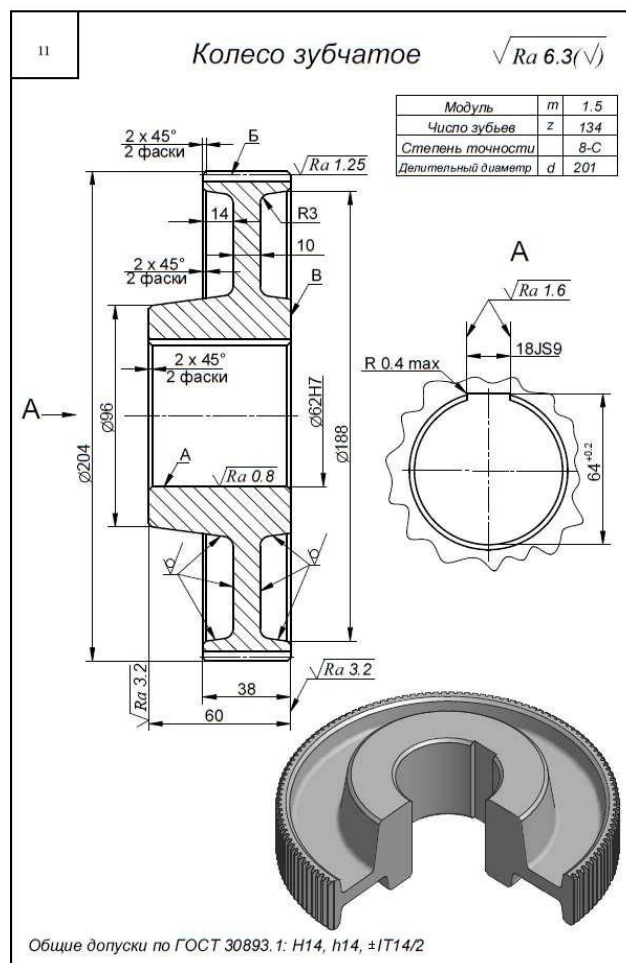


Рисунок 2 - Чертёж исходной детали (колесо зубчатое)

Изготовление обработкой давлением

Анализ исходных данных

Тип производства – крупносерийное (5 тыс. изделий в год). Габариты изделия – диаметр 204 мм, высота – 60 мм.

Выбор вида обработки давлением

Для обработки давлением выберем сталь 30Х ГОСТ 4543 – 2016, так как она обладает необходимым по условию $\sigma_B = 880 \text{ МПа} > 600 \text{ МПа}$.

В условиях серийного производства использованиековки экономически и технологически невыгодно. Для холодной объёмной штамповки необходимо малое содержание углерода. Для горячей объёмной штамповки в закрытом штампе необходимо строго соблюдать равенство объёмов заготовки и

поковки. Таким образом, наиболее целесообразно изготовление поковок методом горячей объемной штамповки в открытом штампе.

Разработка технологичного процесса изготовления поковок

В качестве поверхности разъёма штампов выбираем, перпендикулярную оси зубчатого колеса и расположенную в сечении, соответствующему максимальному диаметру детали (204 мм). При таком выборе плоскости разъёма более глубокую полость стоит расположить в верхней половине штампа, так как металл затекает вверх лучше.

Для расчёта массы поковки определяем коэффициент $K_p = 1,5 \dots 1,8 = 1,6$ (Группа деталей 2, см. ГОСТ 7505-89).

$$V_{\text{дет}} = 695003 \text{ мм}^3, \rho = 7800 \text{ кг/м}^3, M_{\text{дет}} = V_{\text{дет}} \cdot \rho_{\text{дет}} \approx 5,42 \text{ кг.}$$

$$V_{\text{пок}} = V_{\text{дет}} \cdot K_p = 1112004,8 \text{ мм}^3, M_{\text{пок}} = 8,672 \text{ кг.}$$

Для определения степени сложности поковки найдём объём геометрической фигуры, описанной около поковки. В данном случае простейшей фигурой является цилиндр диаметром 204 мм, высотой 60 мм.

$$V_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} h = 1961108 \text{ мм}^3$$

Находим отношение объёма поковки к объёму описанной фигуры:

$$V_{\text{пок}}/V_{\text{фигуры}} = \frac{1,6 \cdot 695003}{1961108} = 0,57,$$

Что соответствует второй степени сложности С2 – 0,32...0,63.

Данная сталь имеет содержание углерода, меньшее 35% и суммарную долю углерода свыше 2,0 до 5,0% включительно, что соответствует группе стали “М2”.

Открытой (облойной) штамповке соответствует класс точности Т4.

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг		Группа стали			Степень сложности				Класс точности					Исходный индекс
min	max	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
0,01	0,5													1
0,51	1,0													2
1,01	1,8													3
1,81	3,2													4
3,21	5,6													5
5,61	10,0													6
10,1	20,0													7
20,1	50,0													8
50,1	125													9
125,1	250													10
														11
														12
														13
														14
														15

Рисунок 3 - определение исходного индекса

По таблице определяем исходный индекс – 14. В соответствии с ним по ГОСТ 7505-89 устанавливаем припуски на сторону и допускаемые отклонения размеров поковки.

Таблица 1 - определение припусков на механическую обработку и допусков

Размер, на который назначается припуск (с указанием чистоты поверхности)			Припуск на механическую обработку резанием, мм				Итого размер, мм	Допуск, мм
			основной	дополнительный		Итого:		
				На смещение разъема штампа	На изогнутость и плоскостность			
Диаметр	204	Ra 1.25	2,7	0,3	0,5	(3,5) 3,5	211	3,6 ^{+2,4} _{-1,2}
	62	Ra 0.8	2,5	0,3	0,5	(3,3) 3,5	55	2,8 ^{+1,8} _{-1,0}
Толщина	38	Ra 3.2	2,3	0,3	0,5	(3,1) 3,0	44	2,5 ^{+1,8} _{-1,0}
	60	Ra 3.2	2,3	0,3	0,5	(3,1) 3,0	66	2,8 ^{+1,8} _{-1,0}

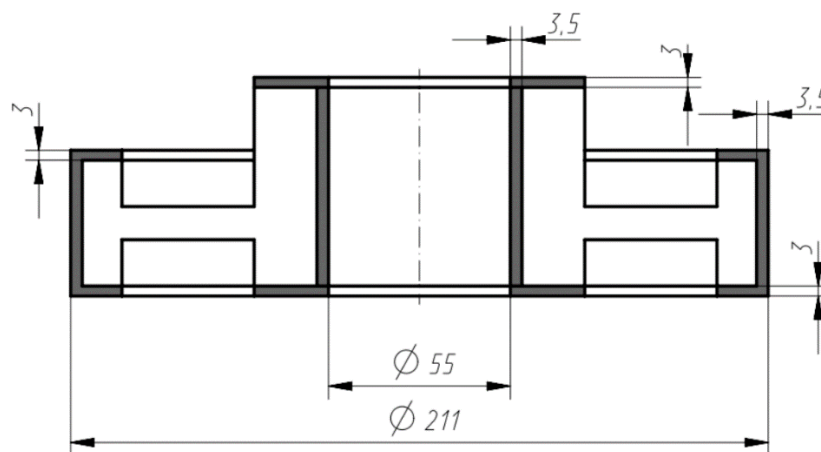


Рисунок 4 - Эскиз детали с назначенными припусками

Штамповочные уклоны: наружные - 5°, внутренние - 7° (на 2° больше наружных).

Радиусы закруглений на поковку определяются массой поковки, глубиной соответствующей полости штампа. Для диапазона 6,4 – 16 кг и

глубине полости штампа, не превышающей 44 мм, внешние скругления примем $R_{\text{нар}} = 3\text{мм}$, а внутренние радиусы закруглений в 2 раза больше $R_{\text{внутр}} = 6\text{мм}$.

Определение размеров исходной заготовки

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{пок}} + M_{\text{обл}} + M_{\text{уг}} = 1,11M_{\text{пок}},$$

Где $M_{\text{заг}}$ – Масса исходной заготовки. Массу облоя примем $M_{\text{обл}} = 0,1M_{\text{пок}}$, массу угара $M_{\text{уг}} = 0,01M_{\text{пок}}$ (для нагрева используется индукционное нагревательное устройство).

Отсюда $V_{\text{заг}} = 1234324\text{мм}^3$, $M_{\text{заг}} = 9,62592\text{кг}$.

Во избежание продольного прогиба заготовки при штамповке выберем $H_{\text{заг}}/D_{\text{заг}} = 2,1$.

$$D_{\text{заг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{заг}}}{\pi \cdot H_{\text{заг}}}}$$

Откуда $D_{\text{заг}} = 90,79\text{ мм}$. В соответствии с ГОСТ 2590-88 диаметр заготовки следует взять круглый прокат диаметром 92 мм. Тогда высота заготовки равна $H_{\text{заг}} = \frac{4 \cdot V_{\text{заг}}}{\pi \cdot D_{\text{заг}}^2} = 185,679\text{ мм}$.

Окончательно выбираем размеры исходной заготовки: $D_{\text{заг}} = 92\text{мм}$, $H_{\text{заг}} = 186\text{мм}$.

Последовательность изготовления поковки горячей объемной штамповкой

Последовательность изготовления поковки будет включать следующие операции и переходы:

- Отрезка заготовки дисковой фрезой. Инструмент – дисковая фреза.

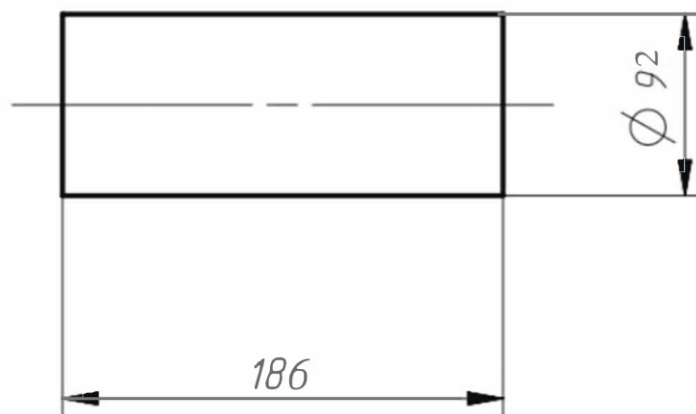


Рисунок 5 - исходная заготовка

- Нагрев. Оборудование - индукционное нагревательное устройство.
- Осадка в заготовительном ручье штампа. Оборудование – молот (площадка для осадки молотового штампа).

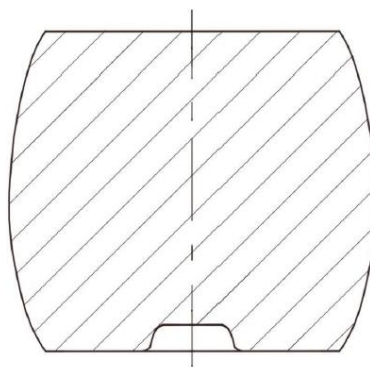


Рисунок 6 - Эскиз заготовки после осадки

- Штамповка в открытом штампе. Оборудование – Кривошипный горячештамповочный пресс, оснастка – открытый штамп.

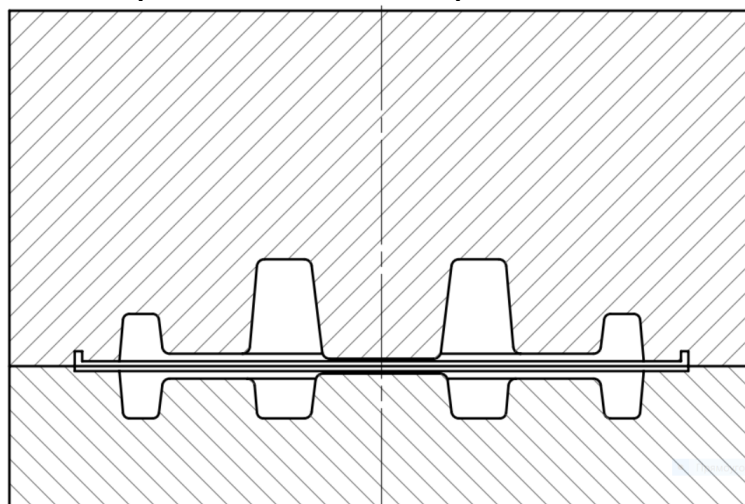


Рисунок 7 - Схема штампа для открытой горячей штамповки

- Обрезка облоя, пробивка отверстия. Оборудование – механический пресс, оснастка – штамп, совмещенный для обрезки облоя и пробивки отверстия.

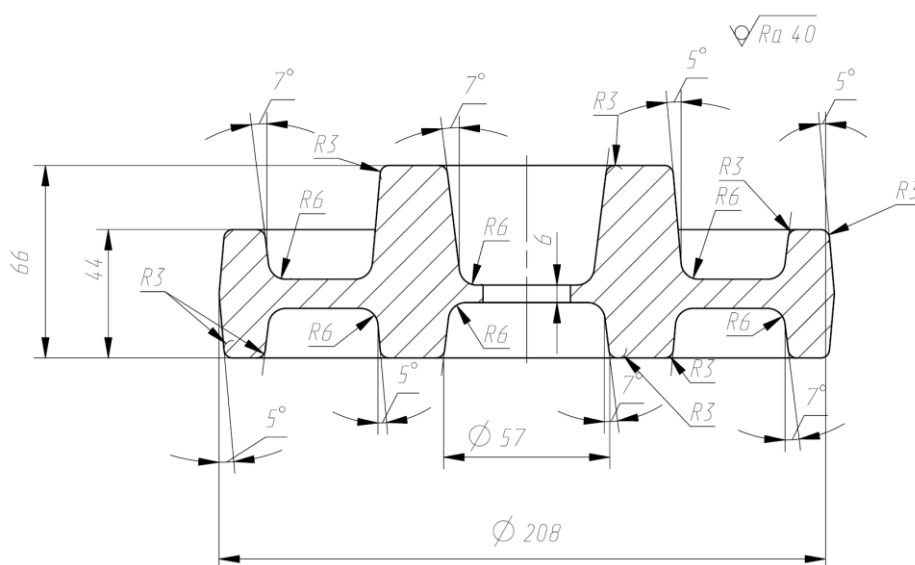


Рисунок 8 - Чертёж поковки с обрезанным облоем и пробитым отверстием

Анализ технологичности конструкции детали

Вычислим КИМ, используя соотношение $m_d/m_{\text{заг}}$:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} * K_{\text{вт}} = \frac{V_{\text{дет}}}{V_{\text{заг}}} * K_{\text{вт}} = \frac{695003 \text{ мм}^3}{1236455 \text{ мм}^3} \cdot 0,855 \approx 0,48$$

Таблица 2 - Анализ технологичности конструкции заготовки дляковки или объёмной штамповки

Требования	N	Признаки технологичности	Вариант
			ОШ
К материалу и типу заготовки	1	Хорошая деформируемость материала заготовки	+
	2	Первичная заготовка в виде сортового проката	+
К конструкции поковки	3	Отсутствие конических, клиновых поверхностей и поверхностей пересечения конических и сферических элементов заготовки, полученной ковкой	-
	4	Минимальная степень сложности поковки (C1)	-
	5	Минимальная величина напуска	-
	6	Отсутствие выступающих частей, мешающих удалению поковок из полости штампа	+
	7	Наличие конструктивных уклонов, перпендикулярных плоскости разъема, совпадающих с технологическими	+
	8	Наличие плавных переходов между сопрягаемыми и пересекающимися поверхностями.	+
	9	Площадь поперечного сечения не должна изменяться более чем в три раза	-
	10	Диаметр утолщения поковки не должен превышать 4-х кратного увеличения	+
	11	Толщина перемычек (пленок) в заготовках, полученных ГОШ, должна определяться из соотношения $S \approx 0.1D$, но не меньше 4мм	6мм +
	12	Отверстия с диаметром более 30 мм	+
	13	Максимальный выход годного при обработке давлением $K_{\text{вт}}$	0.855
К конструкции штампа	14	Минимальная глубина полости штампа	10мм
	15	Плоский разъем полуформы	+
	16	Минимальное количество плоскостей разъема	+
	17	Плоскость разъема штампа пересекает вертикальную поверхность изделия.	+
	18	Закрытый штамп	-

К поковке, подвергае мой механиче ской обработке резанием	19	Хорошая обрабатываемость резанием	+
	20	Максимальная весовая точность поковки	0,56
	21	Расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне	+
	22	Возможность механической обработки поковки за один установ на станке	-
	23	Минимальная шероховатость поковки	Ra 40
	24	Минимальная длина обрабатываемых поверхностей	+
	25	Минимальная величина дефектного слоя на поверхности заготовки	-
	26	Низкий уровень внутренних напряжений в заготовке	+
	27	Равномерная высокая жесткость конструкции	+
	28	Возможность контроля качества	+
	29	Максимальный коэффициент использования металла	0,48

Вывод

Применение горячей объемной штамповки в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе для изготовления заготовки проектируемой детали позволило увеличить коэффициент использования материала (КИМ = 0,48) по сравнению с механической обработкой резанием профиля (КИМ = 0,25).

Повышение технологичности конструкции детали достигнуто за счет уменьшения количества поверхностей, подвергаемых обработке резанием и снижения припусков на обработку поверхностей.

Изготовление методом литья

Анализ исходных данных

Тип производства – крупносерийное (5 тыс. изделий в год). Габариты изделия – диаметр 204 мм, высота – 60 мм. Зубчатое колесо можно изготовить из чугуна марки ВЧ70 ГОСТ 7293-85, который удовлетворяет требованию $\sigma_B \geq 600 \text{ МПа}$. Эта марка чугуна обладает следующим химическим составом: $C: 3 - 3,6\%$; $Si: 2,6 - 2,9\%$; $Mn: 0,4 - 0,7\%$; $Ni: \text{до } 0,6\%$; $S: \text{до } 0,015\%$; $P: \text{до } 0,1\%$; $Cr: \text{до } 0,15\%$; $Cu: \text{до } 0,4\%$. Производство зубчатых колёс из чугуна наиболее экономично. Помимо этого, данная марка чугуна обладает высокими литейными свойствами и достаточно хорошей обрабатываемостью резанием.

Выбор способа изготовления отливки

Таблица 3 - Матрица влияния факторов на выбор способа получения отливок

Фактор	Способ получения отливки					
	Литье в ПФ	Литье в ОФ	Литье по ВМ	Литье в кокиль	Литье под давлением	Центробежное литье
Расположение отливки в одной половине формы	0	0	0	0	Для цветных металлов и сплавов	0
Плоский разъем формы	1	1	1	1		1
Количество разъемов формы	1	1	1	1		1
Отсутствие выступающих частей, мешающих извлечению отливки из формы	1	1	1	1		1
Отсутствие больших углублений	1	1	1	1		1
Расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне	0	0	0	0		0
Удобство простановки и надежность крепления стержней в форме	1	1	1	1		1
Обеспечение минимально допустимой толщины стенок	1	1	1	1		1
Наличие оптимальных размеров между сопрягаемыми стенками литой детали	1	1	1	1		1
Отсутствие тонких поверхностей большой протяженности	1	1	1	1		1
Форма и размеры заготовки	1	0	0	1		1
Требуемая точность и состояние поверхностного слоя	1	1	1	1		1
Технологические свойства материала	0	0	0	0		0
Годовая продукция выпуска	1	0	0	0		0
Производственные возможности предприятия	1	1	1	1		1

Сумма коэффициентов	12	10	10	11	0	11
---------------------	----	----	----	----	---	----

Учитывая требования к необрабатываемым поверхностям и материал детали в качестве способа изготовления отливки можно рассматривать литье в песчаные формы, литье в оболочковые формы, по выплавляемым моделям и в кокиль. По толщинам стенок предпочтение следует сделать в пользу песчаных форм и кокиля. Учитывая, что литье в кокиль более эффективно при литье цветных сплавов (стойкость формы), и отливки типа колес склонны к накоплению напряжений в ободе/ спицах (податливость в кокиле отсутствует), а также учитывая матрицу влияния факторов, сделаем выбор в пользу литья в песчаные формы. По сравнению со сталью, высокопрочный чугун ВЧ имеет более низкую температуру плавления, что облегчает технологию плавки, меньшую склонность к образованию горячих трещин.

Разработка чертежа элементов литейной формы

Заметим, что наиболее ответственными поверхностями детали являются поверхность Ж (наружная цилиндрическая поверхность), поверхность Д (внутренняя цилиндрическая поверхность). Поэтому их следует располагать в одной полуформе, чтобы обеспечить близкие физико-механические свойства, а плоскость разъема формы будет совпадать с торцевой поверхностью обода Г. Выемка в верхней полуформе будет оформляться земляным «болваном».

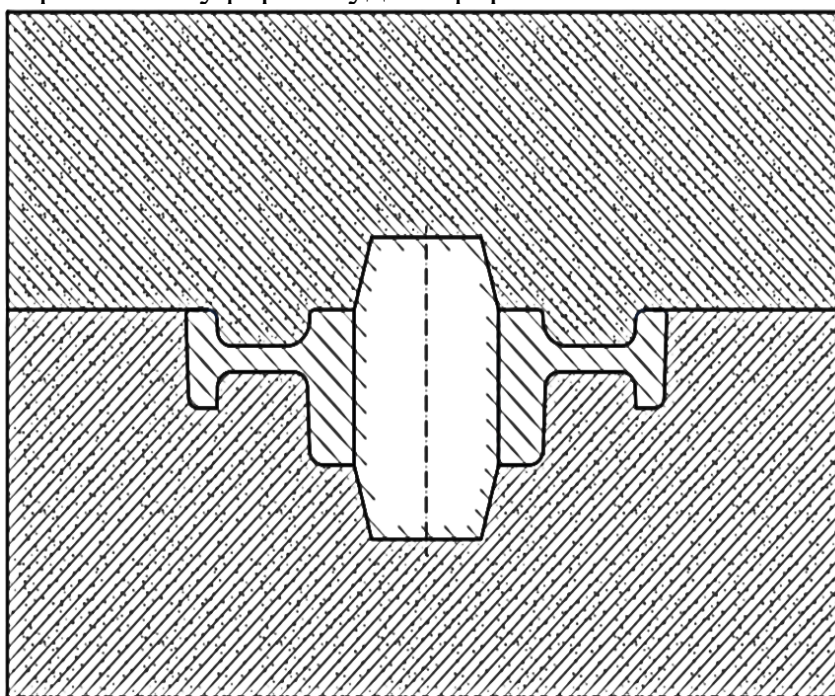


Рисунок 9 - Положение отливки в литейной форме

Расчёт припуска на механическую обработку

Уточним класс точности и ряд припусков на механическую обработку. Выберем 8-й класс точности и 3-й ряд припуска. В качестве номинального размера примем наибольший обрабатываемый размер детали, равный 204 мм, тогда допуск составит 1,8 мм на сторону. В зависимости от допуска размеров отливки 1,8 мм. и ряда припусков 3 определим припуски на механическую

обработку: для нижних и боковых поверхностей - 3,6 мм; для верхних поверхностей - 4,2 мм.

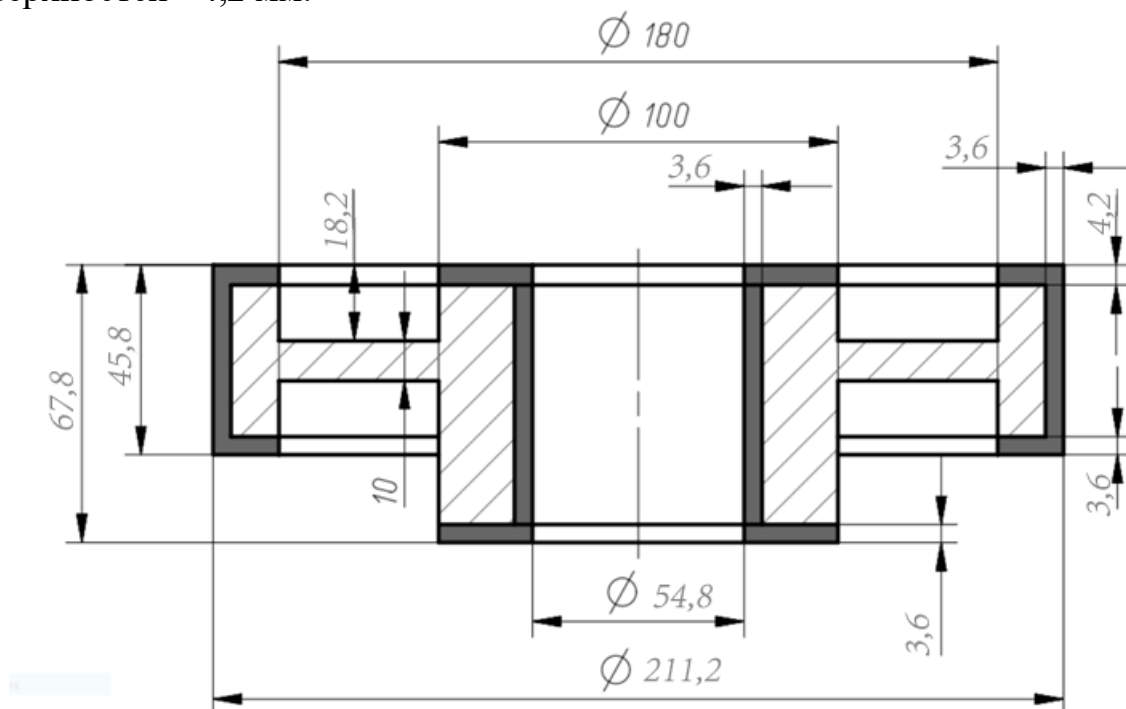


Рисунок 10 - Эскиз с назначенными припусками на механическую обработку

Выбор величины литейных углов и радиусов скруглений в отливке

Определим величину литейных уклонов:

Таблица 4 - Расчёт литейных уклонов отливки

Диаметр формообразующей поверхности, мм	Высота формообразующей поверхности, мм	Отношение высоты к диаметру	Величина формовочного уклона (песчано-глинистые смеси, пластмассовый комплект)
204	45,8	0,22	45'
100	41,5 (36+5,5)	0,42	45'
100	18,2 (14+4,2)	0,18	1°30'
180	18,2 (14+4,2)	0,10	1°30'
180	17,3 (14+3,6)	0,01	1°30'

Также вычислим радиусы скруглений, сопрягаемых поверхностей:
 Таблица 5 - Расчёт радиусов скруглений

Рассчитываемый радиус	Радиус закругления (неуказанные – 3мм)	
	Рассчитанное значение	Назначенное значение
$R1=(14+12)/6$	4,3	5
$R2=(14+12)/6$	4,3	5
$R3=(14+20)/6$	5,6	8
$R4=(14+20)/6$	5,6	8

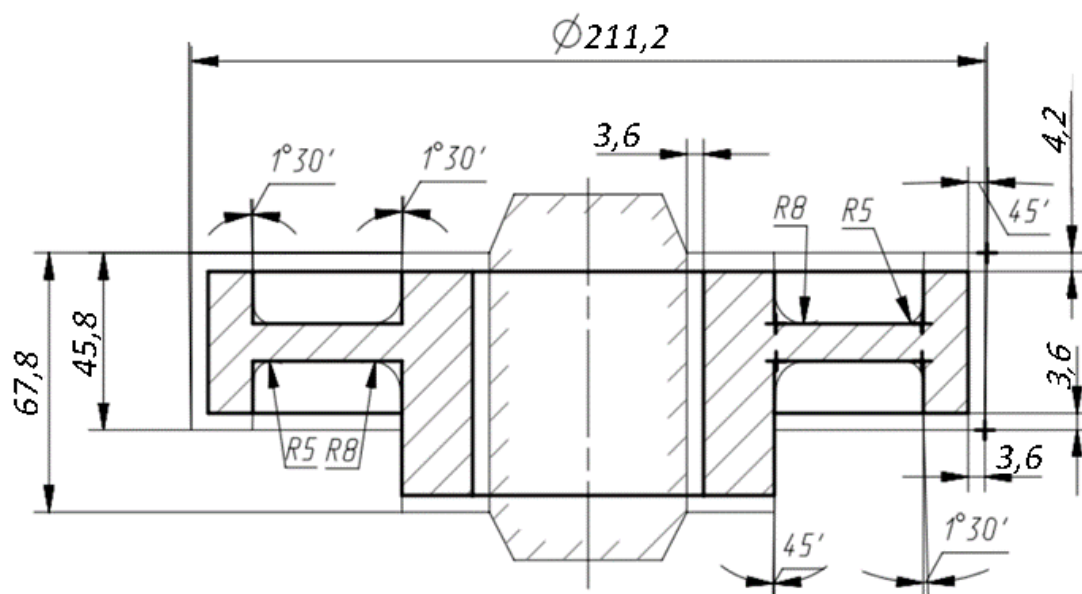


Рисунок 11- Чертёж модельно-литейных указаний

Определение количества стержней, их границ и размеров стержневых знаков

Отверстие в отливке диаметром 53мм должно оформляться стержнем, так как глубина отверстия (67,8 мм) в отливке будет больше диаметра, что не позволяет получать это отверстие за счет выступающей части формы. Размеры стержневых знаков определили по ($H_H = 35$ мм; $H_B = 17$ мм; уклоны 10° и 15° соответственно)

Схема литейной формы и конечный чертёж отливки

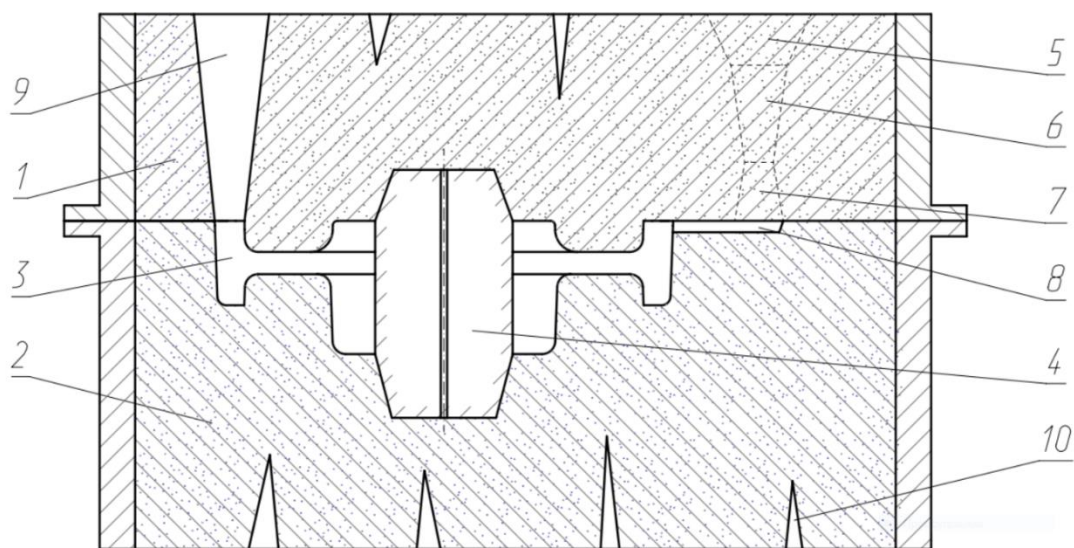


Рисунок 12 - Схема литейной формы (на эскизе прибыль не указана): 1,2 - Верхняя и нижняя полуформы; 3 - Полость отливки; 4 - Стержень; 5 - Литниковая чаша; 6 - Стояк; 7 - Шлакоуловитель; 8 - Питатель; 9 - Выпор; 10 - Вентиляционные наколы

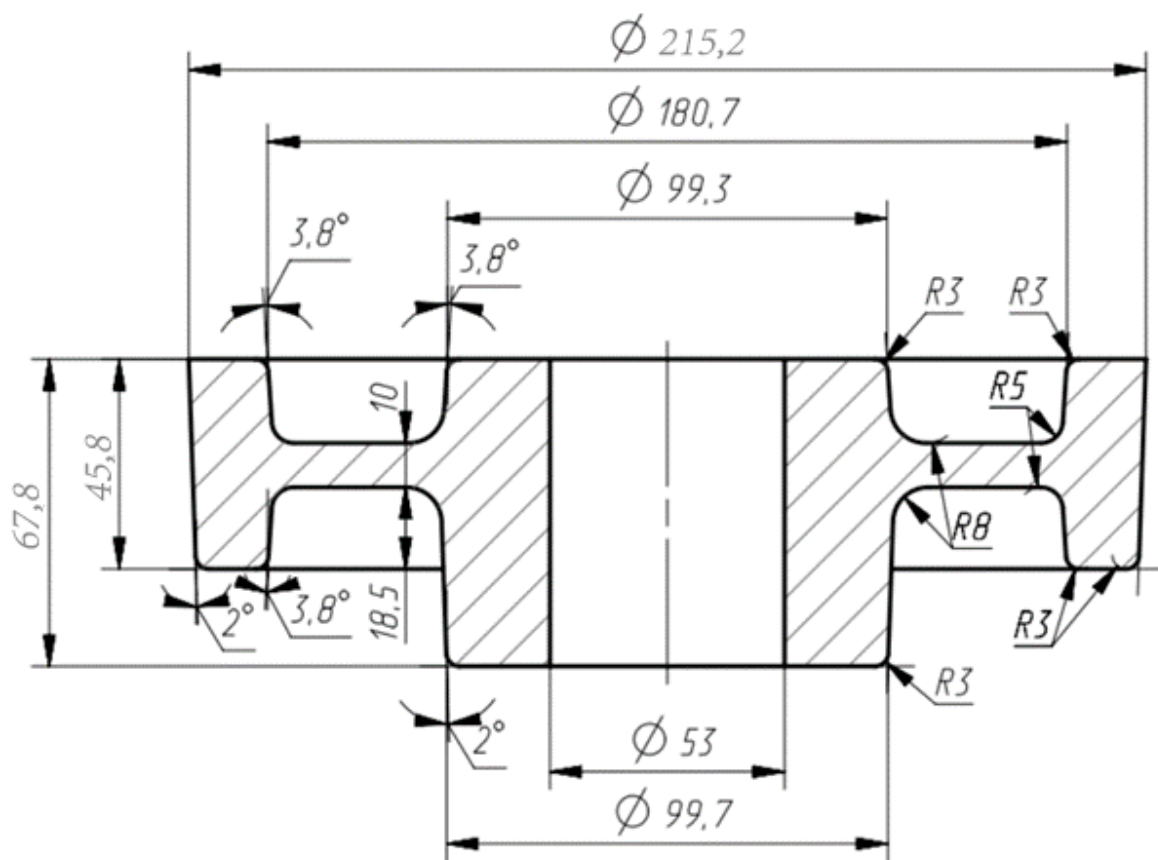


Рисунок 13 - Конечный чертёж отливки "Зубчатое колесо". Материал – ВЧ70 – ГОСТ 7293-85

Оценка технологичности литой детали

Таблица 6 - Основные признаки технологичности конструкции литой детали «Зубчатое колесо»

№ п/п	Признаки технологичности	Способ
1	Расположение отливки в одной полуформе	+
2	Плоский разъем формы	-
3	Количество разъемов формы	1
4	Отсутствие выступающих частей, мешающих извлечению модели (отливки) из формы	+
5	Наличие конструктивных уклонов	-
6	Отсутствие больших углублений на наружных поверхностях детали	+
7	Расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне	+
8	Количество стержней, применяемых при сборке формы	1
9	Удобство простановки и надежность крепления стержней в форме	+
10	Удобство вывода газов из стержней и удаления стержней из отливки	+
11	Обеспечение минимально допустимой толщины стенок	+
12	Отсутствие местных скоплений металла	-
13	Наличие оптимальных размеров между пересекающимися и сопрягаемыми стенками литой детали	-
14	Отсутствие тонких горизонтальных поверхностей большой протяженности	+

Определим коэффициент выхода годного $K_{вг}$, коэффициент весовой точности $K_{вт}$ и коэффициент использования материала КИМ:

$$K_{вг} = 0,6; K_{вт} = m_{дет}/m_{заг} = 0,65; КИМ = K_{вг} \cdot K_{вт} = 0,39.$$

В ходе расчетов для оценки коэффициента использования металла определялись объёмы металла, удаляемого при механической обработке : припуски и уклоны – 196,38 см³ прибыли – 394,784 см³ (проведен из

условия, что объём питаемого теплового узла равен объёму отливки, а объёмная усадка составит 5,5%). Учитывая, что объём детали составляет 695003 мм^3 , а отливки 1074269 мм^3 , было получено значение $\text{КИМ} = 0,38$. После получения отливки была произведена механическая обработка резанием: точение, зубофрезерование на зубофрезерном полуавтомате (см. предыдущую работу).

Вывод

Применение литья в песчаные формы для заготовки проектируемой детали позволило увеличить коэффициент использования материала ($\text{КИМ} = 0,39$) по сравнению с механической обработкой резанием профиля ($\text{КИМ} = 0,25$), что соответствует большей технологичности и целесообразности применения данного метода получения детали по сравнению с методом механической обработки резанием.

Изготовление сварной конструкции

Анализ чертежа детали

Деталь «Зубчатое колесо» по техническим и эксплуатационным условиям допускается изготовить из материала Сталь 20Х, обладающая необходимым $\sigma_{\text{в}} = 780 \text{ МПа} > 600 \text{ МПа}$, хорошей свариваемостью и обрабатываемостью резанием.

Анализ размеров заготовок

Используя метод сварки, зубчатое колесо будет состоять из трех предварительно сваренных заготовок, представляющих собой профиль. Зубчатый венец в соответствии с ГОСТ 8732-78 будет выполнен из следующего профиля:

$$\text{Труба} \frac{219 \times 14 \text{ ГОСТ } 8732 - 78}{20\text{Х ГОСТ } 4543 - 2016}$$

Заготовку длиной 42 мм отрезать инструментом: пресс-ножницы.

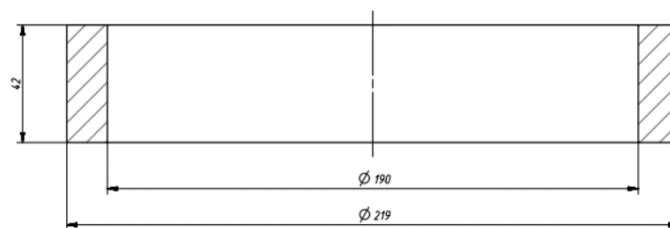


Рисунок 14 - Эскиз профиля для зубчатого венца

Для переходной пластины выберем:

Лист $\frac{12 \text{ ГОСТ } 19903 - 2015}{20X \text{ ГОСТ } 4543 - 2016}$

Вырезаем из листа круг диаметром 190 мм и прорезаем отверстие диаметром 102 мм.

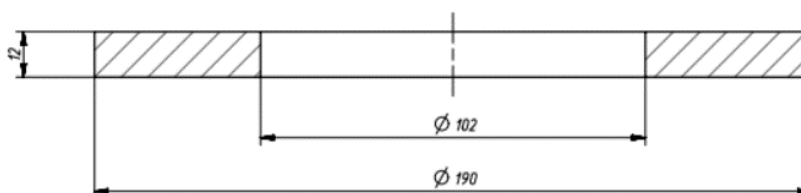


Рисунок 15 - Эскиз профиля для переходной пластины

Для втулки подойдёт следующий профиль: Труба $\frac{102 \times 22 \text{ ГОСТ } 2590 - 2006}{20X \text{ ГОСТ } 4543 - 2016}$

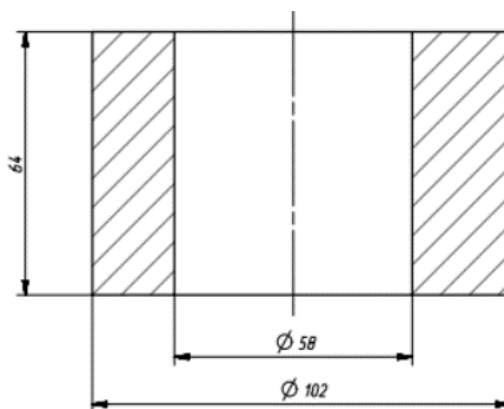


Рисунок 16 - Эскиз профиля для втулки

Выбор типа сварного соединения и вида швов

Для проектируемой заготовки целесообразно применить автоматическую дуговую сварку в атмосфере CO_2 плавящимся электродом при тавровом соединении без разделения кромок. Вид сварного шва – угловой с нормальным профилем. Наилучшие результаты при сварке угловых швов обеспечиваются при сварке наклонным электродом и сварке в симметричную «лодочку». Принимаем - пространственное положение при сварке нижнее с наклоном электрода. Толщине данных свариваемых элементов (Берём

наименьшую -т толщина диска 12мм) соответствует рекомендуемый размер катета шва $K=6\text{мм}$.

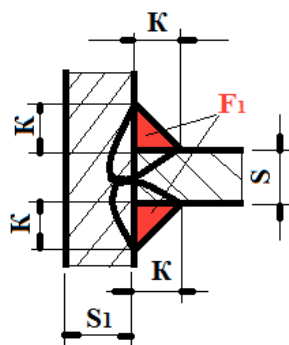


Рисунок 17 - Поперечное сечение таврового соединения без разделки кромок и зазора, выполненного двусторонним швом наклонным электродом

Определение массы наплавленных швов

Массу наплавленного металла угловых швов таврового соединения определяем следующим образом: $M_{\text{ш}} = 2 \cdot F_1 \cdot L_{\text{ш}} \cdot \rho$, где $F_1 = 1/2 \cdot 0,6^2 = 0,18\text{см}^2$ – площадь поперечного сечения шва, $L_{\text{ш}} = \pi \cdot D$ – Длина шва (59,66 см для большего и 32,28 для меньшего), ρ – плотность стали, $7,8\text{г/см}^3$. Тогда общая масса всех швов равна $2 \cdot 0,18 \cdot 7,8 \cdot (59,66 + 32,28) \approx 258,17$ грамм. Масса изделия: 5,42 кг. Масса израсходованного материала – 27,94 кг. Отсюда КИМ = 0,19.

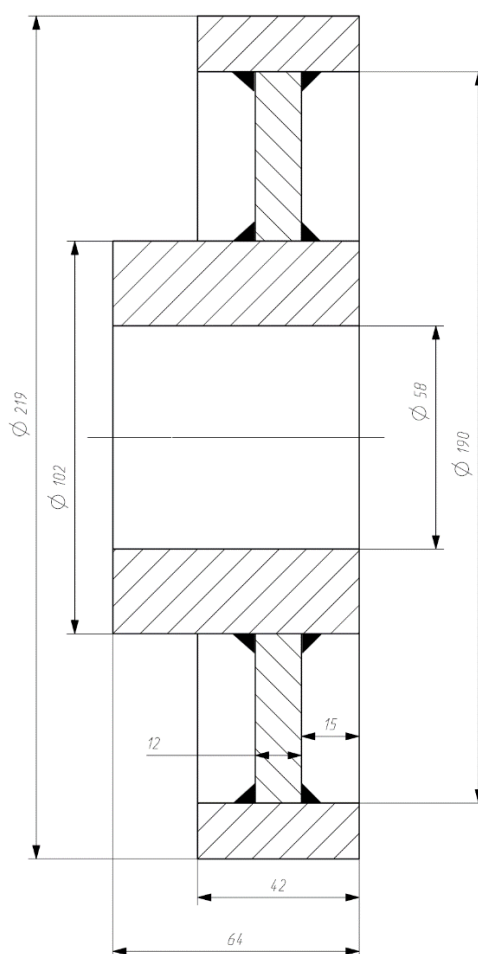


Рисунок 18 - Чертёж сварной конструкции

Массе изделия соответствует масса после механической обработки (Чистовое точение на токарно-револьверном станке, зубофрезерование на зубофрезерном полуавтомате, операцию долбления).

Анализ технологичности сварной конструкции

Таблица 7 - Анализ технологичности сварной заготовки

№	Признак технологичности	Сварка
1	Исходная заготовка в виде сортового проката	+
2	Хорошая свариваемость материала заготовки	-
3	Максимальная весовая точность заготовки	0,532
4	Низкий уровень напряжений в заготовке	-
5	Унификация размеров и форм обрабатываемых элементов заготовки для сокращения номенклатуры используемого инструмента	+
6	Геометрическая форма и соотношение размеров заготовки, обеспечивающие возможность использования высокопроизводительной сварки	+
7	Обеспечение фиксации взаимного расположения заготовок	+
8	Симметричное расположение швов относительно центра тяжести сварного соединения	+
9	Непрерывные сварные швы	+
10	Отсутствие пересечения сварных швов	+
11	Отдаленность прямолинейных и кольцевых швов	+
12	Применение прямолинейных и кольцевых швов	+
13	Геометрическая форма обрабатываемых поверхностей, обеспечивающая равномерную и безударную работу режущего инструмента	+
14	Четкое разделение поверхностей заготовки, обрабатываемых на различных технологических операциях, разным инструментом и различной степенью точности.	+
15	Расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне	+

16	Возможность механической обработки сварной конструкции за один установ на станке	-
17	Минимальная шероховатость	-
18	Минимальная длина обрабатываемых поверхностей отливки	+
19	Минимальная величина дефектного слоя на поверхности заготовки	-
20	Низкий уровень внутренних напряжений в заготовке	+
21	Равномерная высокая жесткость конструкции	+
22	Возможность контроля качества	+
23	Максимальный коэффициент использования металла	0,19

Вывод

Анализ технологичности сварной заготовки показал, что коэффициент использования материала при изготовлении этого вида заготовки является самым низким: КИМ = 0,19, что по сравнению с другими методами получения заготовки является наименее технологичным и нецелесообразным в применении.

Выбор оптимального метода изготовления заготовки проектируемой детали

Анализ вариантов изготовления заготовок проектируемой детали показал, что минимальный объем механической обработки резанием требуется при изготовлении изделия из поковки методом горячей объемной штамповки (эскиз которой приведен на рисунке 14), так как она позволяет достичь максимально большого коэффициента использования материала (КИМ = 0,48) и позволяет изготовить более технологичную деталь.

Последовательность механической обработки резанием

Токарная операция: станок токарно-револьверный

Установ 1.

1. Установить заготовку в трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон по поверхности «Ж».
2. Обточить наружную цилиндрическую поверхность «А» диаметром 95 мм.
Инструмент: токарный проходной упорный резец.
3. Подрезать торцевую поверхность «Б» и снять фаску $2 \times 45^\circ$.
Инструмент: токарный проходной отогнутый резец.
4. Проточить торцевую канавку на поверхности «В» на глубину 13 мм.
Инструмент: токарный прорезной резец.
5. Расточить отверстие «В» диаметром $d=190$ мм на глубину 15 мм.
Инструмент: токарный проходной упорный резец.

Установ 2.

1. Установить заготовку в трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон по поверхности «А».
2. Подрезать торцевую поверхность «Г» и снять фаску $2 \times 45^\circ$.
Инструмент: токарный проходной отогнутый резец.

Операция долбления. Вертикально-долбёжный станок.

1. Установить заготовку в трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон по поверхности «А»
2. Выполнить долбление паза (Поверхность «И»)
Инструмент: резец долбёжный.

Операция зубофрезерования. Зубофрезерный полуавтомат.

1. Закрепить заготовку на оправке вращающегося стола.
2. Выполнить зубофрезерование.
Инструмент: червячная модульная фреза