

АННОТАЦИЯ

Разработка технологического процесса изготовления спирального сверла с анализом напряженного состояния паяного шва в соединении режущей и хвостовой частей сверла.

Выпускная квалификационная работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2017г.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологического процесса изготовления спирального сверла с анализом напряженного состояния паяного шва в соединении режущей и хвостовой частей сверла.

Целью данной работы является снижение себестоимости изготовления спирального сверла за счет использования соединения режущей и хвостовой частей пайки трением.

На основе исследований предложено получить заготовку методом проката нормальной точности, разработать технологический маршрут изготовления детали, спроектировать технологические операции.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 72 страниц, содержащей 16 таблиц, 7 рисунков, и графической части, содержащей 8 А1 листов.

ABSTRACT

The graduation work is devoted to the development of the technological process of twist drill manufacturing and the analysis of the stressed state of the soldered seam in the joint of the cutting and tail parts of the drill.

The aim of this work is to reduce the cost of manufacturing of a twist drill using friction soldering connection of the cutting and tail parts.

In this work we propose to optimize the technological process of manufacturing a twist drill in medium-series production.

We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions.

In this work we analyze the initial data and the stressed state of the soldered seam. Based on the analysis conducted, the choice of production type and technological equipment is made. We propose to use a medium volume type of production and numerically controlled machine. The work piece to be used in the production was selected and designed. We suggested to obtain the billet using the method of rolling with normal accuracy. The technological route for manufacturing parts was developed. Safety and environmental friendliness of the process facility, as well as economic efficiency of the work, were also considered in the graduation work.

The graduation work consists of an explanatory note on 72 pages, introduction, including 7 figures, 16 tables, the list of 25 references including 5 foreign sources and 5 appendices, and a graphic part on 8 A1 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	8
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	8
1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	10
1.3 Анализ типового варианта технологического процесса изготовления спирального сверла с цилиндрическим хвостовиком.....	11
1.4 Экономическое обоснование целесообразности применения технологии пайки взамен технологии сварки	17
1.5 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса.....	17
2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПАЯННОГО ШВА. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ПАЙКИ ТРЕНИЕМ.....	18
2.1 Схематизация процесса.....	18
2.2 Коэффициент геометрического соответствия	19
2.3 Коэффициент объемного сжатия	21
2.4 Влияние стадии упругопластической деформации припоя на коэффициент объемного сжатия	21
2.5 Напряженное состояние в паяном соединении	22
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	25
3.1 Определение типа производства, массы и годовой программы выпуска детали	25
3.2 Выбор и обоснование исходной заготовки	26
3.3 Технологический маршрут и план обработки	27
3.4 Подбор средств технологического оснащения.....	30

3.5 Расчет припусков	36
3.6 Расчет режимов резания аналитическим методом	40
4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ	46
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	46
4.2 Идентификация профессиональных рисков	46
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	48
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	49
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	51
4.6. Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра	53
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	58
ПРИЛОЖЕНИЕ	61

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение – это основа экономики страны, оно является ведущей отраслью в современной промышленности. Развитие машиностроения обеспечивается развитием технологических процессов и разработкой современных режущих инструментов, в частности, осевых инструментов которые используются в любом технологическом процессе.

В связи с дороговизной быстрорежущей стали, из которой изготавливают режущую часть осевого режущего инструмента, нецелесообразно изготавливать из нее хвостовую часть инструмента, которую целесообразно изготавливать из конструкционных сталей. В этом случае возникает задача неразъемного соединения режущей и хвостовой частей. Это соединение в настоящее время получают методом сварки трением, при котором заготовки из быстрорежущей и конструкционной стали прижимают друг к другу с определенным усилием, одну из заготовок закрепляют, другую приводят во вращение. В результате, выделившаяся теплота расплавляет зону контакта и возникает сварочный шов. Основным недостатком этого метода соединения режущей и хвостовой частей является низкая соосность, из-за этого увеличивается припуск на изготовление осевого инструмента и, как следствие, его себестоимость.

Альтернативным методом получения составного осевого режущего инструмента является пайка трением. Для создания паянного соединения предварительно на одной заготовке (для режущей части) делают проточку под таблетку припоя, на другой заготовке (для хвостовика) вытачивают шейку под размер проточки в режущей части. Режущая и хвостовая части спирального сверла подвергаются закалке с отпуском. Затем между режущей и хвостовой частями осевого инструмента укладывается таблетка припоя и, аналогично сварке одна часть инструмента закрепляется, другая к ней прижимается и приводится во вращение. Расплавленный припой выдавливается в зазор между проточкой в режущей части и шейкой в хвостовой и заполняет его.

Соосность режущей и хвостовой частей спирального сверла существенно выше, чем при соединении сваркой трением.

Целью выпускной квалификационной работы является снижение себестоимости изготовления спирального сверла за счет использования соединения режущей и хвостовой частей пайки трением.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Анализ служебного назначения детали

1.1.1 Описание конструкции, анализ служебного детали

В данной работе рассматривается деталь, которая является осевым режущим инструментом и имеет два режущих лезвия – спиральное сверло с коническим хвостовиком. Сверла такого типа размера широко применяются для сверления и рассверливания отверстий диаметром до 80 мм.[1]

Спиральное сверло с коническим хвостовиком устанавливается в отверстие шпинделя станка или в переходную втулку по [2], [3].

Возьмём спиральное сверло с усиленным хвостовиком по ГОСТ 10903-77 (рисунок 1.1):

- диаметром – $d = 32$ мм.
- длиной – $L = 334$ мм.
- конусом Морзе – $K = 4$.
- угол при вершине сверла – $2\varphi = 118^\circ$. [21]

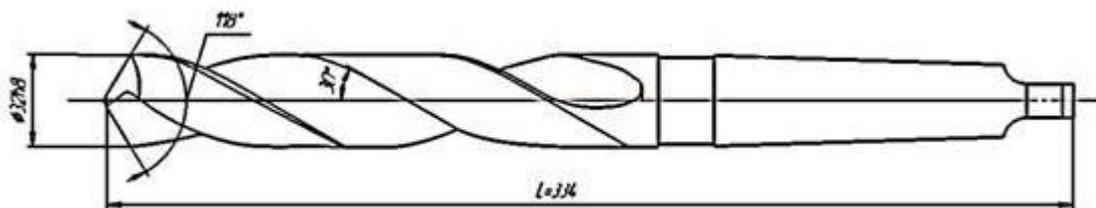


Рисунок 1.1 – Спиральное сверло с коническим хвостовиком (конус Морзе 4)

1.1.2 Анализ материала детали

Мы рассматриваем спиральное сверло, изготовленное из двух материалов:

- материал режущей части сверла – быстрорежущая инструментальная сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73;

- материал хвостовой части – конструкционная сталь 45 ГОСТ 4543.

Режущую и хвостовую часть – паять трением.

Для быстрорежущей стали Р6М5: твердость НВ = 269 МПа; условный предел текучести $\sigma_{т.} = 510$, МПа; предел прочности при растяжении $\sigma_{в.} = 850$, МПа.

Для конструкционной стали 45: твердость НВ = 170, МПа; условный предел текучести $\sigma_{т.} = 540$, МПа; предел прочности при растяжении $\sigma_{в.} = 730$, МПа.

1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению.

Пронумеруем поверхности спирального сверла.

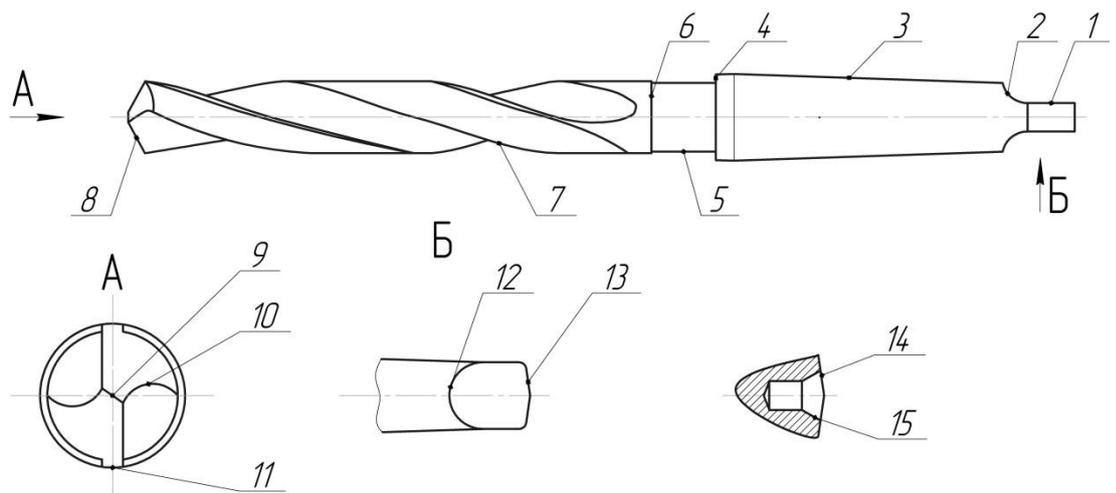


Рисунок 1.2 – Систематизация поверхностей спирального сверла

На рисунке 1.2 изображён чертёж спирального сверла с коническим хвостовиком, на котором указаны номера поверхностей.

Приведем формулировку каждой группе поверхностей.

«В машиностроении выделяют несколько функций поверхностей детали:

- ОКБ – основные конструкторские базы – поверхности которые ориентируют деталь в механизме;
- ВКБ – вспомогательные конструкторские базы – поверхности, служащие для ориентации других деталей (в данном случае таких поверхностей нет);
- ИП – исполнительные поверхности – это такие поверхности, которые выполняют служебное назначение детали;
- СП – свободные поверхности – поверхности, оформляющие деталь». [4]

Таблица 1.1 – Распределение поверхностей

Название таблицы	Номер поверхности
ОКБ	1, 3
ИП	8, 9, 10, 11
СП	2, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Анализировать технологичность всего спирального сверла не имеет смысла, поэтому проанализируем место проточки под таблетку в режущей части и шейку на хвостовой части спирального сверла, входящую в проточку.

Основные качественные требования по технологичности, которые предъявляют к детали: технологические и механические свойства материала.

Рассмотрим габаритные параметры для режущей и хвостовой частей спирального сверла. Проточку под таблетку в режущей части делаем по диаметру шейки в хвостовике. Вначале просверливаем отверстие под шейку хвостовика, затем растачиваем часть отверстия под диаметр проточки. На шейке хвостовике и в проточке растачивается фаска под 60°.

Для обеспечения необходимого нам совпадения технологической и измерительной баз достаточно прибегнуть к обеспечению высокой технологичности базирования детали.

В пункте 1.1.2 «Анализ материала детали» были выбраны материалы для детали, химический состав и механические свойства, которых представлены в таблицах 1.1–1.4. По этим данным можно сделать вывод, что материалы соответствуют функциональным характеристикам детали.

К технологическим свойствам материала так же относится коэффициент обрабатываемости материала, который вычисляется по формуле (1.1):

$$K_V = \frac{V_p}{V_{эт.}}, \quad (1.1)$$

где V_p – скорость резания, которая обеспечивает заданную стойкость инструмента; $V_{эт.}$ – скорость резания для эталона.

Для быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 и конструкционной стали 45 коэффициент обрабатываемости $K_V \approx 0,9$. Следовательно, можно сделать вывод, что эти стали легко обрабатываются, и без особых затруднений на обрабатываемой поверхности возможно получение требуемой шероховатости.

В заключении можно отметить, что с учётом качественной оценки конструкции, деталь – спиральное сверло является технологичной.

1.3 Анализ типового варианта технологического процесса изготовления спирального сверла с цилиндрическим хвостовиком

Возьмём за основу типовой технологический процесс изготовления спирального сверла, который представлен в таблицах 1.2–1.4.

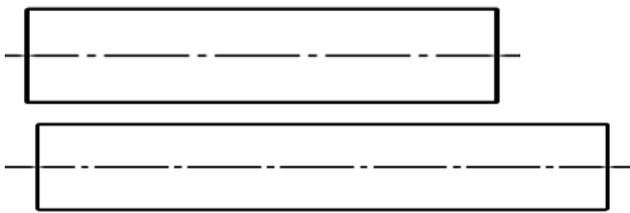
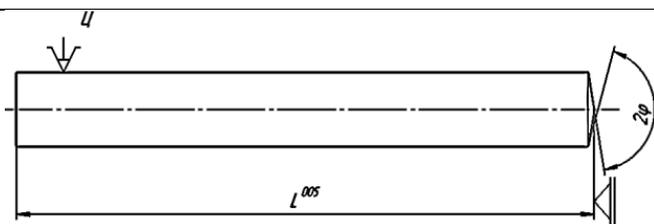
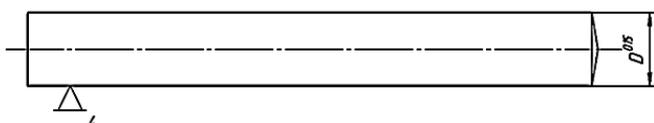
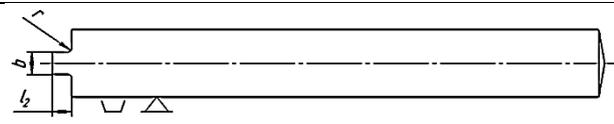
В таблице 1.2 описывается типовой вариант технологического процесса изготовления спирального сверла.

Таблица 1.2 – Краткое описание типового технологического процесса

№	Описание ТП
1	2
000	Отрезать две заготовки из прутка разного материала (режущая часть из быстрорежущей стали Р6М5; хвостовая из – сталь 45).
005	Для сваривания двух заготовок: одна из заготовок закрепляется, другая приводится во вращение. В результате, выделяется теплота, которая расплавляет зону контакта и возникает сварочный шов по [5].
010	Выполняется формирование вершины сверла с указанным углом [6].
015	Согласно указанной твердости заготовка закаляется.
020	Шлифуется диаметр будущего спирального сверла до указанной шероховатости.
025	На данной операции шлифуется лапка.
035	<ol style="list-style-type: none"> 1. шлифуется стружечные канавки выдерживая угол между режущей и вспомогательной кромками; 2. шлифуются спинки зуба; 3. сверло затачивается, выдерживая размеры: угла заборного, угла наклона главной режущей кромки, перемычкой и заднего; 4. выполняется подточка.
055	Шлифуется окончательно диаметр сверла, с образованием обратной конусности согласно чертежу.
060	Наносится покрытие TiN.
065	Маркируется.

В таблице 1.2 – 1.4 представлен технологический маршрут изготовления спирального сверла методом сварки трением (машина для сварки трением МТС 41-3), средства технологического обеспечения по [7].

Таблица 1.3 Типовой технологический маршрут изготовления сверла

Наименование операции	Оборудование	Технологический эскиз
1	2	3
000 Отрезная	МФ-332 Аб-разивно-отрезной	
005 Сварочная	Машина для сварки МТС-41-3	—
010 Токарная	Токарный полуавтомат	
015 Термическая	Твердомер ТК-2	—
020 Бесцентрошлифовальная	Бесцентрошлифовальный 3М182	
025 Шлифовальная специальная	Специальный шлифовальный Hertlein TG-150	
030 Наладочная	Специальный шлифовальный Hertlein TG-150	—

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
035 Шлифовальная с ЧПУ. Переход 1	Шлифовальный заточной Guhring НУ535Л	
Переход 2		
Переход 3		
Переход 4		
040 Контрольная	Контрольный стол	-
045 Термическая	-	-
050 Рихтовочная	Пресс П-417Б	-
055 Бесцентрошлифовальная	Бесцентрошлифовальный 3М182	

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
060 Нанесение покрытия	Тара нержавеющая	–
065 Маркировочная	Лазерный маркирующий комплекс В mark 0.6RL	–
070 Контрольная	Контрольный стол	–
075 Консервация	–	–
080 Упаковочная	–	–

Таблица 1.4 – Характеристика типового технологического процесса

№	Наименование	Оборудование	Приспособление	РИ
1	2	3	4	5
000	Отрезная	МФ-332 Абразивно-отрезной	–	–
005	Сварочная	Машина для сварки МТС-41-3	Трехкулачковый патрон	–
010	Токарная	Токарный станок 16К20Ф3	Цанговый патрон	Резец подрезной Т5К10
015	Термическая	Твердомер ТК-2	–	–
020	Бесцентрошлифовальная	Бесцентрошлифовальный 3М182	Нож, желоб	Шлифовальный круг

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5
025	Шлифовальная специальная	Специальный шлифовальный Hertlein TG-150	Призмы; Упор	Шлифовальный круг
030	Наладочная	Специальный шлифовальный GUNRING NU535Л	Призмы	–
035	Шлифовальная с ЧПУ	Шлифовальный заточной GUNRING NU535Л	–	Шлифовальный круг
040	Контрольная	Контрольный стол	Призмы	–
045	Термическая	–	–	–
050	Рихтовочная	–	–	–
055	Бесцентровошлифовальная	Бесцентровошлифовальный 3М182	Нож; Желоб	Шлифовальный круг
060	Нанесение покрытия	Тара нержавеющая	–	–
065	Маркировочная	Лазерный маркирующий комплекс В Mark 0.6RL	–	–
070	Контрольная	Контрольный стол	–	–
075	Консервация	–	–	–
080	Упаковочная	–	–	–

1.4 Экономическое обоснование целесообразности применения технологии пайки взамен технологии сварки

Сварка трением обеспечивает низкую соосность режущей и хвостовой частей осевого инструмента. Это приводит, к необходимости оставлять большие припуски под дальнейшую обработку, что снижает коэффициент использования материала. Замена сварки трением пайкой трением позволяет перестроить технологический процесс таким образом, что припуски под обработку снижаются. Тем самым повышается экономическая целесообразность технологического процесса.

1.5 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса

После полного анализа базового технологического процесса, можно сформулировать задачи данного проекта:

1. определить параметры паянного соединения (диаметра, высоту проточки) на базе анализа напряженного состояния в паянном шве;
2. разработать технологический процесс изготовления спирального сверла с соединением режущей и хвостовой частей пайкой трением.

2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПАЯННОГО ШВА. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ПАЙКИ ТРЕНИЕМ

2.1 Схематизация процесса

Прочность паяного соединения в большой мере зависит от размеров проточки под таблетку припоя, следовательно, вопрос оптимизации размеров проточки является крайне важным. Оптимизация размеров должна производиться с учетом того, что после остывания в материале припоя создаются остаточные напряжения $\sigma_{\text{ост}}$. необходимо, чтобы их уровень был ниже допускаемого, так как в противном случае может нарушиться прочность паяного соединения.

Основные допущения при решении данной задачи оптимизации:

1. весь объем V_0 припоя полностью остается в проточке;
2. напряжения σ^* , создающиеся в материале припоя после расплавления (вследствие уменьшения его объема) больше предела текучести σ_T ;
3. при кристаллизации объем припоя не меняется;
4. материал рабочей части – абсолютно жесткое тело, а припой – жидкость с механическими свойствами латуни.

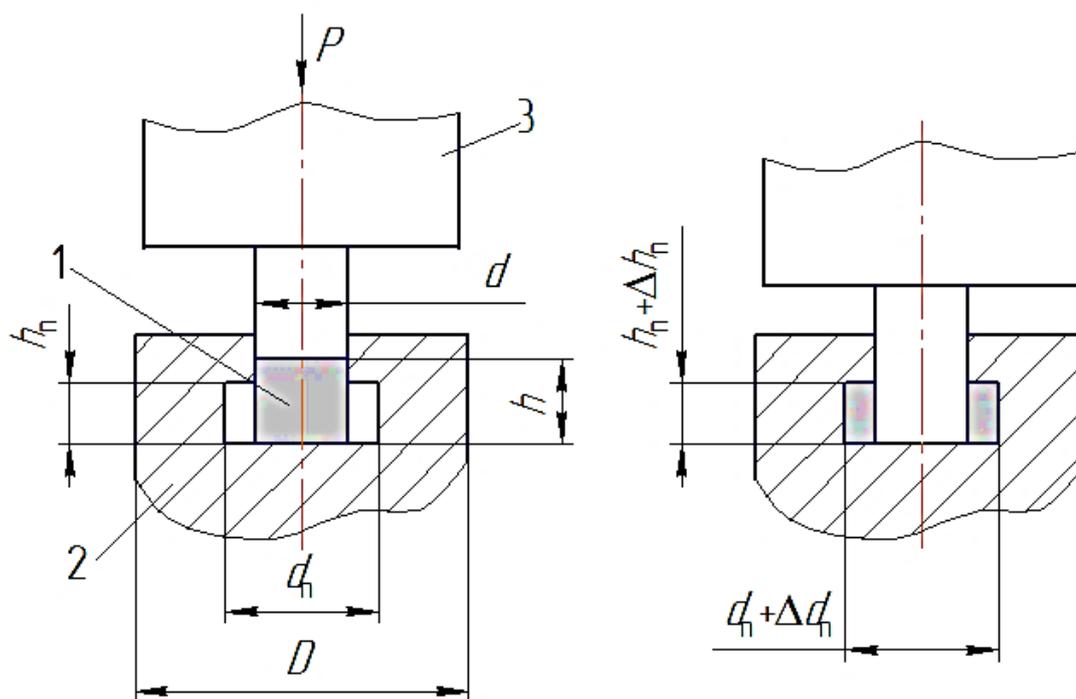
Исходные данные:

$d = 16$ мм – диаметр шейки под проточку;

$d_n = 23$ мм – диаметр проточки;

$h = 6$ мм – высота таблетки;

$D = 31,6$ мм – диаметр хвостовика (КМ).



1 – таблетка припоя; 2 – режущая часть инструмента; 3 – хвостовик.

Рисунок 2.1 – Схема процесса пайки до (слева) и после (справа) расплавления припоя.

2.2 Коэффициент геометрического соответствия

Объем, занимаемый припоем в проточке,

$$V_o = \frac{\pi(d_p^2 - d^2)}{4} h_p \text{ мм}^3, \quad (2.1)$$

где d_p – диаметр проточки, мм; d – диаметр шейки под проточку в хвостовой части, мм; h_p – высота проточки, мм (рисунок 2.1).

Объем таблетки припоя мм^3 :

$$V_{\Pi} = \frac{\pi d^2}{4} h \text{ мм}^3, \quad (2.2)$$

где h – высота таблетки, мм.

Приравнивая объёмы (2.1) и (2.2) и выражая h_{Π} через h , получаем:

$$h_{\Pi} = \frac{h}{(d/d_{\Pi})^2 - 1}. \quad (2.3)$$

Введем понятие «коэффициент геометрического соответствия»:

$$K_d = \frac{h_{\Pi}}{h} = \frac{1}{(d/d_{\Pi})^2 - 1}. \quad (2.4)$$

Для того чтобы в процессе пайки таблетка не сместилась, высота проточки h_{Π} должна быть меньше, чем исходная высота таблетки h , то есть $K_d < 1$. Тогда:

$$\frac{1}{(d/d_{\Pi})^2 - 1} < 1 \Rightarrow (d/d_{\Pi})^2 > 2. \quad (2.5)$$

Следовательно, должно выполняться условие:

$$d_{\Pi} > d\sqrt{2}. \quad (2.6)$$

По формуле (2.4): $K_d = \frac{1}{(6/11)^2 - 1} = 0,89 \Rightarrow$ условие $K_{\sigma} < 1$ – выполняется.

2.3 Коэффициент объемного сжатия

Допустим, что во всех точках припоя после расплавления возникает равномерное всестороннее сжатие. Тогда, рассматривая отдельный элемент припоя (куб с длиной ребра a), можно выразить коэффициент объёмного сжатия через элементарную деформацию Δa .

Так как номинальный объем элемента $V_H = a^3$, то объем элемента после сжатия будет равен:

$$V = (a - \Delta a)^3 = a^3 \left(1 - \frac{\Delta a}{a}\right)^3 = V_H \left(1 - \frac{\Delta a}{a}\right)^3 = K_\sigma V_H, \quad (2.7)$$

где K_σ – коэффициент объёмного сжатия.

Поскольку $\frac{\Delta a}{a} = \varepsilon$, где ε – относительная линейная деформация, то:

$$K_\sigma = \left(1 - \frac{\Delta a}{a}\right)^3 = (1 - \varepsilon)^3 = (1 - 0,0002)^3 = 0,99400. \quad (2.8)$$

2.4 Влияние стадии упругопластической деформации припоя на коэффициент объемного сжатия

Значение деформаций будет связано с достигнутым в пластическом состоянии напряжением σ^* . Поскольку точки припоя испытывают объемное напряженное состояние, то на упруго-пластической стадии деформацию можно условно разделить на упругую и пластическую:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{\text{упр.}}^{\max}}{E_{\text{упр.}}} + \frac{\sigma_{\text{пл.}}^{\max}}{E_{\text{пл.}}} = \left(\frac{\sigma_T}{E} + \frac{\sigma^* - \sigma_T}{E_k} \right) (1 - 2\mu), \quad (2.9)$$

где σ_T – предел текучести материала, МПа; σ^* – напряжения, создающиеся в материале припоя после расплавления вследствие уменьшения его объема, МПа; E – модуль упругости, МПа; E_k – касательный модуль, МПа; μ – коэффициент Пуассона.

В случае, когда напряжения σ^* не превышают предела текучести, относительная линейная деформация $\varepsilon = 0,2\%$ и, как следует из (2.8), коэффициент объемного сжатия $K_\sigma = (1 - 0,002)^3$.

2.5 Напряженное состояние в паяном соединении

Для оценки прочности паяного соединения, необходимо рассмотреть напряженное состояние в стенках рабочей части непосредственно в том месте, где выполнена проточка под припой. Точки стенки рабочей части испытывают плоское напряженное состояние: сжатие по радиусу и растяжение по окружности. В этом случае прочность необходимо оценивать по III гипотезе прочности:

$$\sigma_{\text{экв.}} = \sigma_\theta + \sigma_r. \quad (2.10)$$

Расчет значений σ_θ и σ_r выполняется по формулам Ламе:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\theta &= \frac{d_{\text{п.}}^2}{D^2 - d_{\text{п.}}^2} \left(1 + \frac{D^2}{d_i^2} \right) \sigma^*; \\ \sigma_r &= \frac{d_{\text{п.}}^2}{D^2 - d_{\text{п.}}^2} \left(1 - \frac{D^2}{d_i^2} \right) \sigma^*, \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

где σ_θ – радиальные сжимающие напряжения, МПа; σ_r – растягивающие окружные напряжения, МПа; $d_i \in [d_{\text{п}}; D]$ – диаметр i – ой точки стенки проточки, мм.

Как видно из системы (11), снижения значений σ_θ и σ_r можно добиться, изменяя соотношение $D/d_{\text{п}}$ диаметров хвостовой части инструмента и проточки.

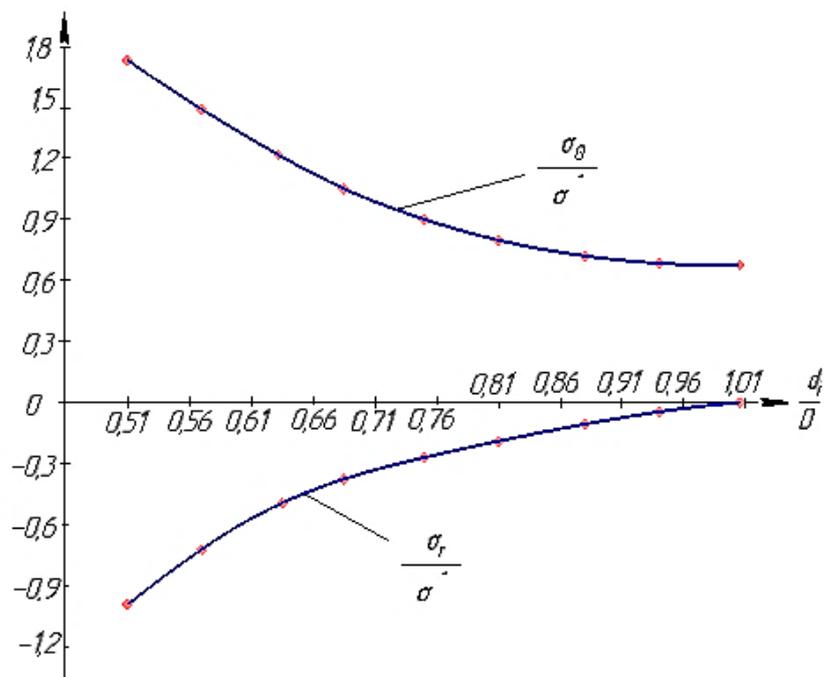


Рисунок 2.2. – Распределение напряжений в стенках рабочей части

Задав значения $d = 16$ мм, $d_{\text{п}} = 23$ мм и $D = 31,6$ мм и подставляя различные значения d_i в (10) и (11), можно построить картину распределения напряжений в стенках рабочей части в зоне проточки (рисунок 2.2).

Для нормальной работы паяного сверла необходимо, чтобы напряжения, возникшие в соединении в результате пайки, были больше касательных напряжений, возникающих в процессе работы сверла от действия крутящего

момента M , таким образом, условие нормальной работы паяного сверла можно записать в следующем виде:

$$\sigma_{\text{экв.}} \geq \frac{2M}{\pi d^2 h_{\text{п}}}, \quad (2.12)$$

где M – крутящий момент при сверлении, Н·мм.

Высота проточки:

$$h_{\text{п}} = K_d K_{\sigma} h, \quad (2.13)$$

где K_d – коэффициент геометрического соответствия; K_{σ} – коэффициент объемного сжатия; h – высота таблетки припоя, мм.

Решая совместно уравнения (2.10)÷(2.13) с учетом ограничения (2.6), можно найти наибольшую возможную высоту проточки $h_{\text{п.макс}}$.

Найденные значения K_d и K_{σ} подставляем в формулу (2.13) и находим высоту проточки: $h_{\text{п}} = 0,99400 \cdot 0,89 \cdot 6 = 5,308$, мм. По формулам (2.1) и (2.2) найдем объем таблетки припоя и объем, занимаемый припоем в проточке:

$$V_{\text{п}} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} \cdot 6 = 1205,76 \text{ мм}^3;$$

$$V_0 = \frac{\pi(23^2 - 16^2)}{4} \cdot 5,308 = 1137,53 \text{ мм}^3.$$

Найдем массу таблетки, материал Л60:

$$m = \rho \cdot V = 8400 \cdot 1205,76 \cdot 10^{-9} = 0,01012 \text{ кг}.$$

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

3.1 Определение типа производства, массы и годовой программы выпуска детали

Выбор типа производства зависит от массы детали, коэффициента закрепления ($K_{з.о.}$ в соответствии с ГОСТ 3.1121–84) и годовой программы выпуска по [8]. Различают несколько типов производства:

- единичное ($K_{з.о.}$ – не регламентируется);
- мелкосерийное ($20 < K_{з.о.} < 40$);
- среднесерийное ($10 < K_{з.о.} < 20$);
- крупносерийное массовое ($1 < K_{з.о.} < 10$).

Годовая программа выпуска деталей (N) зависит от сменности работы на предприятии, количества рабочих дней в году и трудоемкости изготовления одной детали. В данном случае годовая программа выпуска $N = 10000$ дет./год.

По грубым расчетам объемов режущей и хвостовой частей спирального сверла, мы получили:

- $V_p = 160,8 \text{ см}^3$ – объем режущей части;
 $G_p = \gamma_p \cdot V_p = 0,0083 \cdot 160,8 = 1,33 \text{ кг}$ – масса режущей части.
- $V_x = 97,24 \text{ см}^3$ – объем хвостовой части;
 $G_x = \gamma_x \cdot V_x = 0,00785 \cdot 97,24 = 0,75 \text{ кг}$ – масса режущей части.

Общая масса сверла после пайки (с вычетом канавок равна): $m = 1.1 \text{ кг}$.

По заданной годовой программе выпуска деталей и массе, упрощенно принимаем среднесерийный тип производства, где коэффициент закрепления $10 < K_{з.о.} < 20$. Среднесерийному типу производства соответствуют:

- групповая переменнo–поточная форма организации ТП;

- расстановка оборудования по типам станков.

3.2 Выбор и обоснование исходной заготовки

3.2.1 Выбор вариантов исходной заготовки. Техничко-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

В качестве метода получения заготовки для осевых режущих инструментов используют прутки проката из быстрорежущей и конструкционной стали. Шероховатость торцевой поверхности заготовки равна $Ra \geq 80$ мкм, а точность $IT=14...17$.

Масса детали – 1,1 кг; годовой объем выпуска деталей – 10000дет./год.

Рассчитаем массу заготовки для режущей части спирального сверла. Запишем промежуточные припуски для диаметра $d_p = 32$ мм:

Для $D_{p.z.} = 39$ мм выбираем по ГОСТ 2590 – 88 прокат обычной точности: Круг $\frac{39 - В - ГОСТ - 2590 - 88}{Р6М5 - ГОСТ - 19265 - 73}$.

«Нормальная длина проката стали обыкновенного качества 4 – 7мм.

Для диаметра 39 мм $(39^{+0,4}_{-0,75})$ мм»[8]

Припуски на обработку хвостовой части идентичны припускам на обработку режущей части спирального сверла $d_x = 31,6$ мм.

Так же по ГОСТ 2590-88 выбираем прокат обычной точности:

Круг $\frac{38 - В - ГОСТ - 2590 - 88}{45 - ГОСТ - 1050 - 88}$.

«Нормальная длина проката стали обыкновенного качества 4-7мм. Для диаметра 38 мм $(38^{+0,4}_{-0,75})$ мм». [8]

Коэффициент использования материала для хвостовой части спирального сверла: КИМ = 0,63.

3.3 Технологический маршрут и план обработки

3.3.1 Выбор методов обработки поверхностей

Выбор маршрута обработки детали производим по специальным таблицам. В зависимости от обрабатываемой поверхности, вида заготовки, материала детали, коэффициента трудоемкости, шероховатости и точности поверхности выбираем маршрут обработки детали. Выбранные технологические переходы представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Выбор технологических переходов

№ поверхности	Квалитет IT	Шероховатость Ra	Технологические переходы
1	2	3	4
1, 2	11	3,2	Фч, ТО
3, 8	6	0,63	Т, Тч, ТО, Шч
4	9	2,5	Т, ТО, Ш
5, 6, 12, 13	11	3,2	Т, ТО
7	7	1,25	Т, Тч, ТО, Ш
9, 10, 11	7	2,5	Т, Тч, ТО, Ш, Шч

Обозначения в табл.3.1:

Фч – фрезерование черновое;

Т – точение черновое;

Тч – точение чистовой;

ТО – закалка, отпуск;

Ш – шлифование черновое;

Шч – шлифование чистовое.

3.3.2 Технологический маршрут обработки детали

Таблица 3.2 – Технологический маршрут обработки детали

№	Операция	Обрабатываемые поверхности	IT	Ra
1	2	3	4	5
Хвостовая часть				
005	Отрезная	–	16	12,5
010	Токарная черновая	4	14, 12	3,2
015	Токарная чистовая	1, 3, 4	12	3,2
020	Фрезерная	1, 2, 12, 13	11	3,2
025	ТО (закалка, отпуск)	–	–	–
030	Шлифовальная	4, 3	9	2,5
Режущая часть				
005	Отрезная	–	16	12,5
010	Токарная черновая	5	14, 12	6,3
015	Токарная чистовая	5, 6, 7, 8, 9	11	3,2
020	ТО (закалка, отпуск)	–	–	–
025	Пайка	–	–	–
030	Шлифовальная с ЧПУ черновая	7, 9, 10, 11	8	2,5
035	Шлифовальная черновая	3	6	0,63
040	Шлифовальная с ЧПУ чистовая	7	6	1,25
045	Заточная	8, 9	–	0,63

3.3.3 План обработки

План обработки детали представлен в графической части выпускной квалификационной работы.

В таблице 3.3 представлено краткое описание плана обработки детали.

Таблица 3.3 – Краткое описание плана обработки

№	Название операции	Описание плана обработки детали
1	2	3
План обработки хвостовой части		
005	Отрезная	Отрезается заготовка из прутка диаметром 38 мм из стали 45.
010	Токарная	Вытачивается шейка по проточку диаметром 11 мм и углом 60 °, просверливается центровое отверстие формы А на правом торце по ГОСТ 14034 – 74.
015	Токарная	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поверхность 3 вытачивается под конус Морзе (ГОСТ 2848–75); 2. Обрабатывается поверхность 4 до $Ra = 3,2$; 3. Лапка вытачивается, соблюдая угол в 8°.
020	Фрезерная	Лапка окончательно фрезеруется под размеры по ГОСТ 10903 – 77.
025	ТО	Закалка, отпуск.
030	Шлифовальная	На данной операции шлифуются поверхности 3 и 4 до шероховатости $Ra = 2,5$.
План обработки режущей части		
005	Отрезная	Отрезается заготовка из прутка диаметром 39 мм из стали Р6М5.
010	Токарная	<ul style="list-style-type: none"> • Просверливается центровое отверстие формы А на правом торце по ГОСТ 14034 –74; • На 5 поверхности выполняется проточка диаметром 16 мм.
015	Токарная	<ul style="list-style-type: none"> • Формируется режущая кромка 8, 9; • Обтачиваются поверхности 5, 6, 7.

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
020	ТО	Закалка, отпуск.
025	Пайка	На данной операции происходит спаивание 2 частей. Между режущей и хвостовой части сверла укладывается таблетка припоя (Л60). Одна часть инструмента закрепляется, а другая к ней прижимается и приводится во вращение. Расплавленный припой выдавливается в зазор между проточкой в режущей части и шейкой в хвостовой и заполняет ее.
030	Шлифовальная с ЧПУ	Шлифуются стружечные канавки, выдерживая угол между главными режущими кромками при вершине сверла (118°) и угол между осью сверла и касательной к винтовой линии по наружному диаметру сверла был равен 30° ; шлифуется спинка зуба. [24]
035	Шлифовальная	Шлифуется поверхность 3 на хвостовой части спирального сверла ($Ra = 0,63$).
040	Шлифовальная с ЧПУ	Шлифуются стружечные канавки ($Ra = 1,25$), контролируя диаметр режущей части.
045	Заточная	Затачивается режущая часть

3.4 Подбор средств технологического оснащения

В данном разделе будем подбирать для каждой операции технологического процесса: оборудование, приспособление и режущий инструмент по [9], [10].

3.4.1 Подбор оборудования

В таблице 3.4 подобрано оборудование для всех операций.

Таблица 3.4 – Сводная таблица оборудования

№ оп.	Наименование операции	Станок
1	2	3
Хвостовая часть		
005	Отрезная	Абразивно-отрезной МФ-332
010	Токарная	Токарно-револьверный станок с ЧПУ 1751Ф3
015		
020	Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6540
025	ТО	–
030	Шлифовальная	Круглошлифовальный станок 3У12
Режущая часть		
005	Отрезная	Абразивно-отрезной МФ-332
010	Токарная	Токарно-револьверный станок с ЧПУ 1751Ф3
015		
020	ТО	–
025	Пайка	Машина для пайки трением МСТ 41-3
030	Шлифовальная с ЧПУ	GUHRING HU535Л
035	Шлифовальная	Круглошлифовальный станок 3У12
040	Шлифовальная с ЧПУ	GUHRING HU535Л
045	Заточная	Универсально-заточной станок 3672

3.4.2 Подбор приспособлений

Таблица 3.5 – Сводная таблица приспособлений

№ оп.	Наименование операции	Приспособления
1	2	3
Хвостовая часть		
005	Отрезная	УНП с призмами ГОСТ 12195-66
010	Токарная	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85
015		
020	Фрезерная	Тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045-75
025	ТО	–
030	Шлифовальная	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85
Режущая часть		
005	Отрезная	УНП с призмами ГОСТ 12195-66
010	Токарная	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85
015		
020	ТО	–
025	Пайка	Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
030	Шлифовальная с ЧПУ	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85
035	Шлифовальная	Поводковый патрон ГОСТ 2571-71;
040	Шлифовальная с ЧПУ	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85
045	Заточная	Приспособление специальное с цанго- вым зажимом ОСТ 3-3907-77

3.4.3 Подбор режущего инструмента

В таблице 3.6 приведен подбор режущего инструмента.

Таблица 3.6 – Сводная таблица подбора режущего инструмента

№	Наименование операции	Режущий инструмент	Контрольный инструмент
1	2	3	4
Хвостовая часть			
005	Отрезная	Шлифовальный круг 1 400x4x32 24A F36 M 7 V A 35 м/с. ГОСТ Р52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79
010	Токарная	Резец токарный проходной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18869-73	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79
		Резец токарный расточной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18882-73. Пластина трехгранная, Т5К10, покрытие Ti-Nb-N $\varphi=97^\circ$, h=25, b=25, L=125	
		Спиральное сверло с коническим хвостовиком $\varnothing 5$ мм ГОСТ 10903-77	
015	Токарная	Резец токарный отрезной 2130-0371 ГОСТ18874-73	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79
020	Фрезерная	Концевая фреза с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 16$ ГОСТ 17025-71	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79
025	ТО	–	–

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4
030	Шлифовальная	Шлифовальный круг 1 100x10x16 24А F36 М 7 V А 35 м/с. ГОСТ Р52781-2007	Индикатор ИЧ 0-10-0,01 ГОСТ 577-68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибрскоба ГОСТ 18355-73; Микрометр типа МЗ-0-25-0,01 ГОСТ 6507-60
Режущая часть			
005	Отрезная	Шлифовальный круг 1 400x4x32 24А F36 М 7 V А 35 м/с. ГОСТ Р 52781-2007	Штангенциркуль ШЦ 2-250-0,1 ГОСТ 166-89
010	Токарная	Резец расточной державочный с пластиной из твердого сплава ГОСТ 9795-84 (h=25, b=25, L=125). Пластина трехгранная Т15К6, φ=90°	Калибрскоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79
		Спиральное сверло с коническим хвостовиком Ø16 мм ГОСТ 10903-77	
		Зенкер Ø16 мм ГОСТ 12489-71	
		Резец канавочный проходной с ГОСТ 18879-73 (h=16, b=10, L=125). Пластина трехгранная Т15К6, φ=90°	

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4
		Резец расточной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18882-73 (h=20, b=20, L=140). Пластина трехгранная Т15К6, φ=90°	
015	Токарная	Резец токарный проходной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18869-73 Пластина трехгранная, Т5К10, покрытие Ti-Nb-N φ=97°, h=25, b=25, L=125	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79
020	ТО	–	–
025	Пайка	–	–
030	Шлифовальная с ЧПУ	Шлифовальный круг 4 400x10x32 24A F36 M7VA 35м/с. ГОСТ Р 522781-2007	Индикатор ИЧ 0-10-0,01 ГОСТ 577-68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Микрометр типа М3-0-25-0,05, ГОСТ 650760
035	Шлифовальная	Шлифовальный круг 100x25x16 24A F36 M7VA 35м/с. ГОСТ Р 522781-2007	Индикатор ИЧ 0-10-0,01 ГОСТ 577-68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибр-скоба ГОСТ 18355-

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4
			73; Микрометр типа МЗ-0-25-0,05, ГОСТ 650760
040	Шлифовальная с ЧПУ	Шлифовальный круг 100x10x32 24А F36 M7VA 35м/с. ГОСТ Р 522781-2007	Индикатор ИЧ 0-10-0,01 ГОСТ 577-68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибры-скоба ГОСТ 18355-73; Микрометр типа МЗ-0-25-0,05, ГОСТ 650760
045	Заточная	Круг шлифовальный 1 100x15x30 91А F60 М 7 V А 35 м/с. ГОСТ Р 52781-2007	Индикатор ИЧ0-10-0,01, ГОСТ 577-68;

К описанному технологическому процессу изготовления спирального сверла прилагается чертежи формата А1 с планом изготовления, маршрутная карта для режущей и хвостовой части [Приложение А] и операционные карты на 010 и 040 операции для режущей части [Приложение Б].

Для расчетов режимов резания и технических норм времени будем применять выбранные средства технологического оснащения в соответствии с таблицами 3.4 – 3.6 и таблицей подбора режущего инструмента.

3.5 Расчет припусков

3.5.1 Расчет промежуточных припусков аналитическим методом

«Для расчета промежуточных припусков выделяют два основных методов определения припусков на обработку поверхности: расчетно-

аналитический метод и опытно-статистический (табличный)» по [4], [11].
 Рассчитаем припуски аналитическим методом для режущей и хвостовой частей спирального сверла на наибольший диаметр. В таблице 3.6 представлены расчеты аналитическим методом расчета припусков для режущей и хвостовой частей сверла.

Таблица 3.7 – Расчет припусков

Маршрут обработки поверхности	Допуски, мкм	Припуски, мм		Диаметры, мм	
	TD^i	Z_{\min}^i	Z_{\max}^i	d_{\min}^i	d_{\max}^i
1	2	3	4	5	6
Режущая часть					
Прокат	400	–	–	34	34
				33	33,4
Точение черновое	340	0,46	1,2	32,47	32,81
Точение черновое	170	0,14	0,65	32,21	32,38
Шлифование предварительное	50	0,10	0,32	32,06	32,11
Шлифование получистовое	25	0,06	0,081	31,975	32
Хвостовая часть					
Прокат	400	–	–	34	34
				32,7	33,1
Точение черновое	340	0,46	1,2	32,12	32,46
Точение черновое	170	0,14	0,65	32,81	31,98
Шлифование предварительное	50	0,10	0,32	31,66	31,71
Шлифование получистовое	25	0,06	0,081	31,575	31,6

На рисунках 3.1 – 3.2 показано расположение припусков для режущей и хвостовой частей спирального сверла

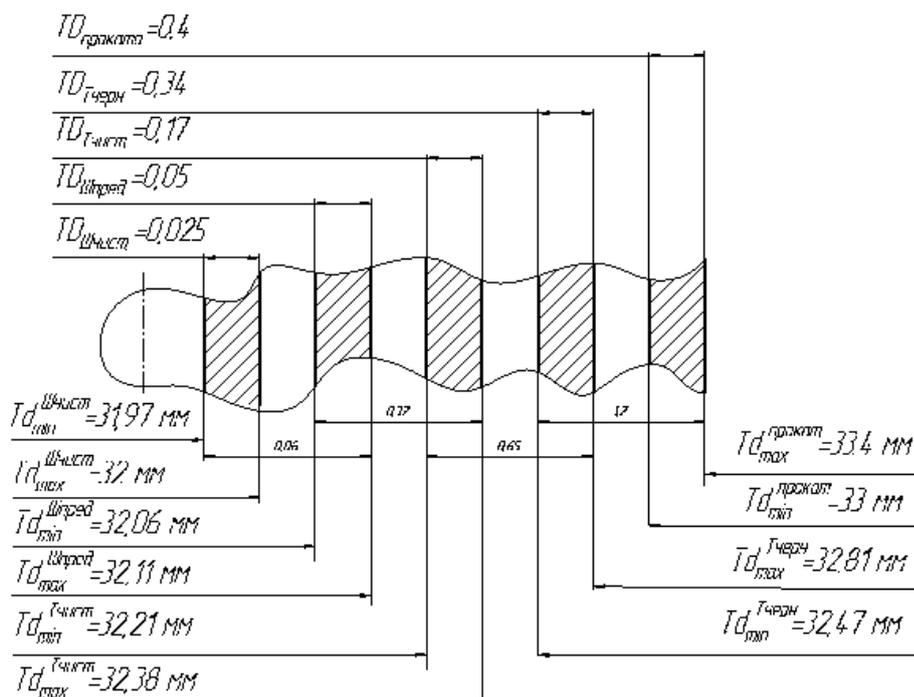


Рисунок 3.1 – Схема расположения припусков расчетно-аналитическим методом для режущей части

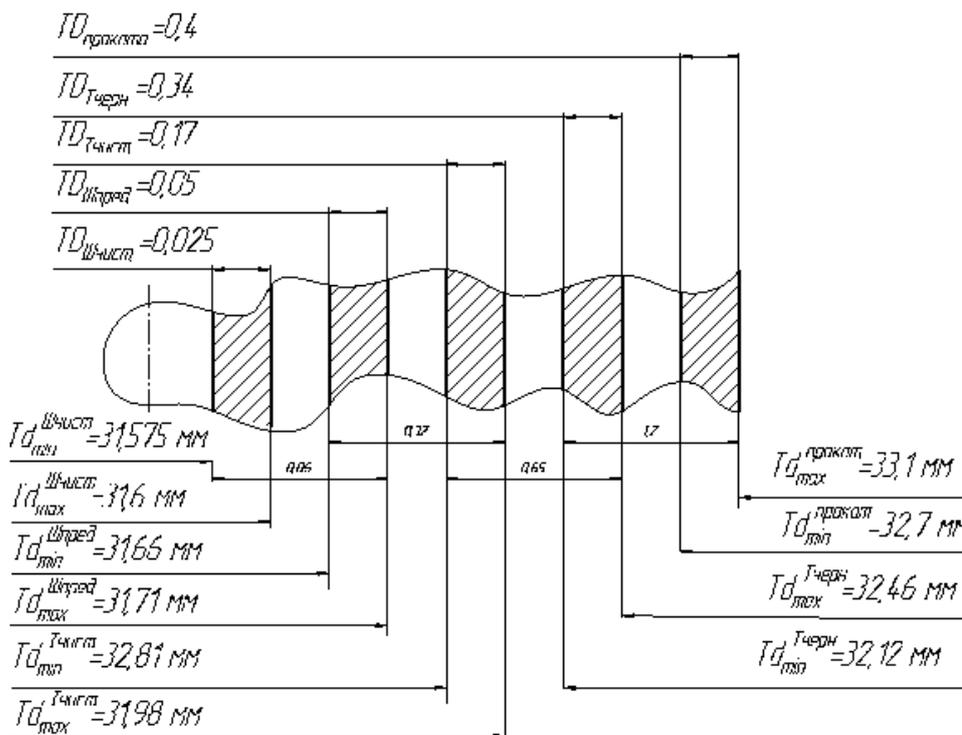


Рисунок 3.2 – Схема расположения припусков расчетно-аналитическим методом для хвостовой части

3.5.2 Расчет промежуточных припусков опытно-статистическим табличным методом

Рассчитаем промежуточные припуски опытно-статистическим методом (табличным), которые представлены в таблицы 3.7.

Таблица 3.8 – Промежуточные припуски на обработку поверхностей спирального сверла

№ оп.	Маршрут обработки поверхности	№ обрабатываемой поверхности	Снимаемый припуск на сторону (Z), мм
1	2	3	4
Хвостовая часть			
010	Точение черновое	4, 14, 15	Z=1,8 – max
015	Точение черновое	3, 4, 1	Z=1,8 – max
020	Фрезерная	2, 1, 12, 13	Z=1,9
030	Шлифование предварительное	3, 4	Z=0,5
Режущая часть			
010	Точение черновое	5	Z=1,8 – max
015	Точение черновое	5, 6, 7, 8	Z=1,8 – max
030	Шлифование предварительное	7, 9, 10, 11	Z=0,5
035	Шлифование получистовая	3	Z=0,06
040	Шлифование получистовая	7	Z=0,06
045	Заточная	8	Z=0,03

В таблице 3.8 назначены припуски на сторону для каждой операции режущей и хвостовой частей спирального сверла.

3.6 Расчет режимов резания аналитическим методом

Рассчитаем режимы резания для двух операций: токарной черновой; шлифовальная получистовой.

Расчет режимов резания будем производить аналитическим методом по справочнику технолога-машиностроителя А.Г. Косилова.[12]

3.6.1 Исходные данные

Деталь – спиральное сверло с коническим хвостовиком; заготовка – прокат

- Операция – 010 токарная черновая; обработка – обтачивание черновое; модель станка – 1751Ф3; мощность электродвигателя – 10 кВт; частота вращения шпинделя – 12,5-2000 мм/об.
- Операция – 040 шлифовальная; обработка – шлифование получистовое; модель станка – GUNRING HY535Л; мощность электродвигателя – 50 кВт.

3.6.1.1 Назначение переходов

В таблице 3.9 указаны характеристики перехода для операций токарной черновой и шлифовальной получистовой, а также размеры и режущий инструмент.

Таблица 3.9 – Характеристики переходов для операций 010,040

№ пер.	Характеристика перехода	Размеры	Режущий инструмент
1	2	3	4
010 Токарная черновая			
1	Точить поверхность	$10 \pm 0,15$; $\sqrt[3]{31}_{-0,25}$	Резец проходной упорный с пластиной из твердого сплава ГОСТ 11879-73 (h=25, b=16, L=120). Пластина

Продолжение таблицы 3.9

1	2	3	4
			трехгранная Т15К6, φ=90°
2	Сверлить глухое отверстие	$\varnothing 16_{-0,18}$ $7 \pm 0,36$	Спиральное сверло с коническим хвостовиком диаметром 16 мм ГОСТ 10903-77
3	Зенкеровать отверстие	$\varnothing 16_{-0,18}$; $7 \pm 0,36$	Зенкер диаметром 6 мм ГОСТ 12489-71
4	Расточить отверстие	$\varnothing 23_{-0,21}$ $5,63 \pm 0,2$; $7 \pm 0,36$	Резец канавочный расточной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18879-73 (h=16, b=10, L=125).
5	Сточить фаску	60°	Резец расточной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18882-73 (h=20, b=20, L=140). Пластина трехгранная Т15К6, φ=90°
040 Шлифовальная полустисовая			
1	Шлифовать стружечные канавки	$\varnothing 32_{-0,96}$	Шлифовальный круг 100x10x32 24А F36 M7VA 35м/с. ГОСТ Р 522781-2007

3.6.2 Расчет режимов резания на токарную операцию

При расчете режимов резания учитывают стойкость режущего инструмента, скорость резания, подачу и глубину резания.

Для каждого перехода указанного в таблице 3.9 выполним расчеты скоростей, частоты вращения шпинделя, фактической скорости, сил резанья, мощностей и крутящего момента. Рассчитанные данные указаны в сводной

таблице 3.10, а также по паспортным данным станка скорректируем скорость резания для всех переходов и найдем фактическую скорость резания V_{ϕ} .

Также должно соблюдаться условие: мощность станка должна быть больше потребной мощности.

Таблица 3.10 – Сводная таблица для 010 токарной черновой операции

№ пере- хода	Припуск t , мм	Стойкость инструмен- та T , мин	Подача S , мм/об
1	2	3	4
1	1	60	0,4
2	10	60	0,2
3	1	30	0,6
4	3,5	60	0,4
5	0,4		

В сводной таблице 3.11 выполнены расчёты для всех переходов на операцию 010 токарную черновую.

Таблица 3.11 – Сводная таблица значений для переходов операции 010

№ пере- хода	V , м/мин	n , мин ⁻¹	V_{ϕ} , м/мин	P_z , Н	$M_{кр.}$ Н· м	P_0 , Н	N , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	116,75	1198,7	116,6	795,8	–	–	1,5
2	26,58	528,79	26,57	–	26,16	3798,0	1,4
3	9,56	190,19	9,55	–	19,30	517,71	0,2
4	96,75	1338,97	96,7	818,59	–	–	1,29
5	133,96	2665,04	133,89	779,59	–	–	1,70

Произведя расчет режимов резания аналитическим методом для токарной операции можно сделать вывод, что мощности для обработки поверхностей достаточно так, как мощность станка не превышает потребной мощности.

3.6.3 Расчет режимов резания на шлифовальную операцию

Найдем параметры для шлифовальной операции.[12]

- Скорость круга (V_k) = 35 м/с;
- Скорость заготовки (V_3) = 15 м/мин;
- Глубина шлифования (t) = 0,005 мм;
- Продольная подача (s) = 3 мм/об.

Эффективную мощность найдем по формуле, кВт (3.30):

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,1. \quad (3.30)$$

3.6.4 Расчет технической нормы времени

Для завершения технологической части выпускной квалификационной работы рассчитаем технические нормы времени. Расчет технической нормы времени будет проводить расчетно-аналитическим методом. Для этого:

- определим норму основного (машинного) времени T_0 по предыдущим выбранным значениям сил резания для каждой операции. Для этого найдем вспомогательное время на все переходы и определим общее время на обслуживание рабочего места;
- определим норму штучно-калькуляционного времени $T_{шт.к.}$ для среднесерийного производства по формуле.

«Необходимые данные выбираем по книге А.Ф. Горбачевич «Курсовое проектирование по технологии машиностроения». На основании подобранных

данных рассчитываем основное время на каждую операцию, время на управление станком, вспомогательное время, время на обслуживание рабочего места и штучно-калькуляционное время. Результаты расчета норм времени представлены в сводной таблице 3.11 в минутах».[11]

Таблица 3.12 – Сводная таблица для нормы времени

№	T_0	T_B	$T_{\text{опер.}}$	$T_{\text{об.от.}}$	$T_{\text{п-з}}$	$T_{\text{шт.}}$	n	$T_{\text{шт.к.}}$
Хвостовая часть								
010	0,025	0,23	0,254	0,015	17	0,466	236	0,538
	0,099					0,539		0,611
	0,008					0,25		0,295
015	0,029	0,31	0,336	0,0157	17	0,618		0,69
020	0,02	0,29	0,312	0,0187	22	0,575		0,668
030	0,106	0,21	0,311	0,0186	14	0,513		0,572
Режущая часть								
010	0,027	0,23	0,292	0,0175	17	0,47	236	0,542
	0,123					0,566		0,638
	0,035					0,478		0,55
	0,0116					0,55		0,527
	0,0031					0,446		0,518
015	0,116	0,31	0,423	0,021	17	0,71		0,782
025	1	0,37		0,0187	12	1,7		1,75
030	0,482	0,21	0,398	0,0238	14	1,76		1,81

Продолжение таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0,402					0,8		0,86
035	0,193	0,205	0,282	0,0169	14	0,589		0,648
040	0,08	0,21	0,285	0,0171	14	0,486		0,545
045	0,091	0,41	0,498	0,0298	12	0,859		0,91

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Объект выпускной квалификационной работы характеризуется технологическим паспортом технического объекта. Описание технологического процесса и оборудования приведено в разделе «Технологическая часть».

«Назначим на каждую операцию наименование должности работника и материалы вещества. Для всех операций применяют материал вещества – металл и СОЖ, кроме отрезной операции (на которой используют только металл)» [15]

1. «Абразивно-отрезная операции (отрезка) 005 (хвостовая часть) – заготовитель (резчик металла)» [15]
2. «Токарная черновая операция (точение) 010,015 (режущая и хвостовая части) – оператор станка с ЧПУ» [15]
3. «Фрезерная операция (фрезерование) 020 (хвостовая часть) – оператор станка с ЧПУ» [15]
4. «Шлифовальная операция (круглое шлифование) 030,035 (хвостовая и режущая часть) – шлифовщик» [15]
5. «Шлифовальная операция с ЧПУ (шлифование) 030,040 (режущая часть) – оператор станка с ЧПУ» [15]
6. «Операция паки трением (пайка) 025 (пайка режущей и хвостовой части) – оператор» [15]
7. «Заточная операция (заточная) 045 (режущая часть) – заточник» [15]

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификацию профессиональных рисков будем проводить для режущей и хвостовой частей. Результаты выполнения идентификации профессиональных рисков приведены в таблица 4.1.

Таблица 4.1 – Сводная таблица по данному разделу

№п/п	«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [16]	«Опасный и /или вредный производственный фактор» [16]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [16]
1	2	3	4
1	Абразивно–отрезная операция 005 (для хвостовой и режущей части)	«Движение механизмов станка; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); Повышенный уровень шума на рабочем месте» [16]	Абразивно–отрезной станок МФ – 332
2	Токарная черновая операция 010,015 (для хвостовой и режущей части)	«Движение механизмов станка; повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне; повышенная или пониженная температура на поверхности оборудования, материалов; канцерогенные вещества (СОЖ)» [16]	Токарно-револьверный станок 1751Ф3
3	Фрезерная операция 020 для хвостовой части)	«Движение механизмов станка; повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне; повышенная или пониженная температура на поверхности оборудования, материалов; канцерогенные вещества (СОЖ); высокие значения напряжения в электрической цепи станка» [16]	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6540

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
4	Шлифовальная операция 030, 035 (для хвостовой и режущей части); Шлифовальная операция с ЧПУ 030, 040 (для режущей части); Заточная операция 045 (для режущей части)	«Движение механизмов станка; повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне; повышенная или пониженная температура на поверхности оборудования, материалов; канцерогенные вещества (СОЖ); острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхности заготовок, режущего инструмента и оборудования; высокие значения напряжения в электрической цепи станка» [16]	Круглошлифовальный станок 3У12; GUHRING HY535Л; Универсально-заточной станок 3672
5	Операция пайки трением 025 (пайка режущей и хвостовой частей)	«Повышенная температура на поверхности оборудования и материалов; повышенная загазованность воздуха в рабочей зоне; высокие значения напряжения в электрической цепи; высокие значения температуры в зоне контакта инструмента с заготовкой» [16]	Машина для пайки МСТ 41-3

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Приведем краткую характеристику техническим методам и средствам снижения профессиональных рисков. В эту характеристику будут входить такие параметры как «организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора, а так же средства индивидуальной защиты работника» [16]:

1. «движущиеся машины и механизмы – проведение и соблюдение правил безопасности выполнения работ, применение специальных ограждений – рабочий костюм, перчатки и фартук, специальная рабочая обувь, каска защитная, очки защитные» [16]
2. «острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхности заготовок, режущего инструмента и оборудования – притупление острых кромок, удаление заусенцев на слесарных операциях – перчатки, рукавицы, напальчники, специальные захваты» [16]
3. «канцерогенные вещества (СОЖ) – Использование веществ в минимальном количестве с автоматическим распылением и доставкой – средство индивидуальной защиты органов дыхания противоаэрозольное» [16]
4. «высокие значения напряжения в электрической цепи станка – изоляция электропроводки, специальное заземляющее покрытие, наличие предохранителей – рукавицы или перчатки прорезиненные» [16]
5. «фиброгенное воздействие (пыль и загазованность) – введение средств вентиляции рабочей зоны, использование пылесборников, ведение работ в отдаленной от человека зоне – средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное» [16]
6. «повышенная температура на поверхности оборудования и материалов – использовать СОЖ – рукавицы комбинированные» [16]

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

В данном разделе проводится идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с последующей разработкой модифицированных или альтернативных технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта. Рассмотрим два участка

(лезвийной и абразивной обработки), определим класс пожара и опасные факторы воспламенения, а так же их сопутствующее проявление.

«Для выбранных участков подходит класс В – пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (пламя, искры; высокая температура окружающей среды; высокая концентрация токсичных газов; низкий уровень концентрации кислорода; снижение уровня видимости в дыму)» [17]

«И выявлены сопутствующие факторы проявления пожара такие как:

- осколки технологической системы (оснастка, оборудование, инструмент);
- части разрушенных материалов, производимой продукции, выделяющиеся при горении жидкостей и других материалов токсичные газы, попавшие в окружающую среду;
- замыкание высокого электрического напряжения технологической системы;
- взрывоопасные факторы, появляющиеся из-за возникшего пожара;

термохимические воздействия». [18]

4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта.

Обоснованный подбор эффективных организационно-технических методов и средств.

- первичными средствами пожаротушения являются огнетушители и ящики с песком;
- для мобильных средств пожаротушения используют лестницы и специальные пожарные машины;
- в стационарных установках пожаротушения используют оборудование для пенного пожаротушения;
- средства пожарной автоматики: приемно-контрольные приборы; технические средства пожаротушения;

- для пожарного оборудования используют напорные пожарные рукава и рукавные пожарные разветвления;
- для средств индивидуальной защиты применяют веревки, карабины, респираторы, противогазы;
- ломы, багры, топоры, лопаты, диэлектрические комплекты все это является пожарным инструментом;
- для оповещения, связи, сигнализации при пожаре применяют автоматические извещатели.

4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара.

Для данного раздела, необходимо организовать мероприятия по устранению пожара.

Для примера возьмем токарную операцию, в которой используется токарно-револьверный станок с ЧПУ 1751Ф3.

Виды реализуемых организационных мероприятий: «Проконтролировать привольность эксплуатации средств технологического оснащения; обязательное оповещение каждого работающего по пожарной безопасности; применения автоматических обязательное применения устройств, которые автоматически оповещают и обнаруживают возгорание». [17]

И, следовательно, нормативные требования, которые предъявляются по обеспечению пожарной безопасности: «обязательное проведение мероприятий по пожарной безопасности; ограничение курения на рабочих местах, а так же в неположенных местах; применения огнетушителей, песка; использование устройств автоматической сигнализации». [17]

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

4.5.1 Анализ негативных экологических факторов реализуемого производственно-технологического процесса (изготовления, транспортировки,

хранения) и/или осуществляемой функциональной эксплуатации технического объекта с точки зрения обеспечения его экологической безопасности.

В этом разделе разрабатываются (предлагаются) конкретные организационно-технические мероприятия по потенциальному снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом, как в процессе его производства, так и его технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла. Проведем идентификацию сопутствующих возникающих негативных экологических факторов, на примере той же токарной операции:

- «негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду): отходы в виде стружки и частиц микропыли» [19]
- «негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников: применение воды и выброс стружки в гидросистему» [20]
- «негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.): возникновение отходов и загрязнении покрова из пыли» [21]

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду

Разработаем мероприятия по снижению негативного воздействия для токарной операции:

- «мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу: применение в производстве «сухих» механических пылеуловителей» [22]

- «мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу: предприятию необходимо перейти на замкнутый цикл водоснабжения» [20]
- «мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу: выполнение требований хранения, а так же периодичности вывоза отходов на захоронение» [21]

4.6. Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

В данном разделе мы охарактеризовали технологический процесс изготовления спирального сверла с коническим хвостовиком, в котором применяется метод пайки трением. Определили:

- должность работника для каждой операции;
- вид выполняемых работ;
- материал вещества.

Рассмотрены методы снижения профессиональных рисков, устранение негативного воздействия опасных (или вредных) производственных факторов по [23], [24].

Для обеспечения пожарной безопасности мы рассмотрели такой раздел, как идентификация опасных факторов пожара. Где были приведены два участка (лезвийной и абразивной обработки), определили класс пожара и опасные факторы воспламенения.

Разработали технические средства и организационные мероприятия для обеспечения пожарной безопасности, а так же предложили мероприятия по снижению уровня негативного и антропогенного воздействия на окружающую среду.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

В данной бакалаврской работе мы проектируем спиральное сверло с коническим хвостовиком методом пайки трением для повышения соосности режущей и хвостовой частей спирального сверла.

Ввиду того, что мы применяем получение составного осевого режущего инструмента методом паки трением, аналогов которого в таком технологическом процессе не используются. В соответствии с этим экономический расчет будем производить по проектируемому технологическому процессу, детальное описание, которого представлено в разделе 3 «Технологическая часть работы». Дадим краткое описание проектируемого технологического процесса, который представляет собой 7 операций, выполняемых на станках с ЧПУ, и 6 операций, выполняемых на станках без ЧПУ. Все 13 операций укомплектованы, необходимым для выполнения описанного технологического процесса, режущим инструментом и оснасткой.

Заготовка получается методом проката обычной точности, что обеспечивает нам соответствующие соотношения между объемами заготовок и массами детали.

Описанные исходные данные нам необходимы для того, чтобы определить капитальные вложения в создание данного технологического процесса при использовании соединения режущей и хвостовой частей спирального сверла методом пайки трением, которые составят 867700,68 руб.

Учитывая особенность производства, метод получения заготовки, используемого материала, оснастки и оборудования рассчитаем технологическую себестоимость изготовления данного изделия.

Структура технологической себестоимости представлена на рисунке 5.1, где M – материал за вычетом отходов, руб.; $Z_{\text{пл.осн.}}$ – основная заработная плата, руб.; $H_{\text{зп.}}$ – начисления, руб.; $P_{\text{э.об.}}$ – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

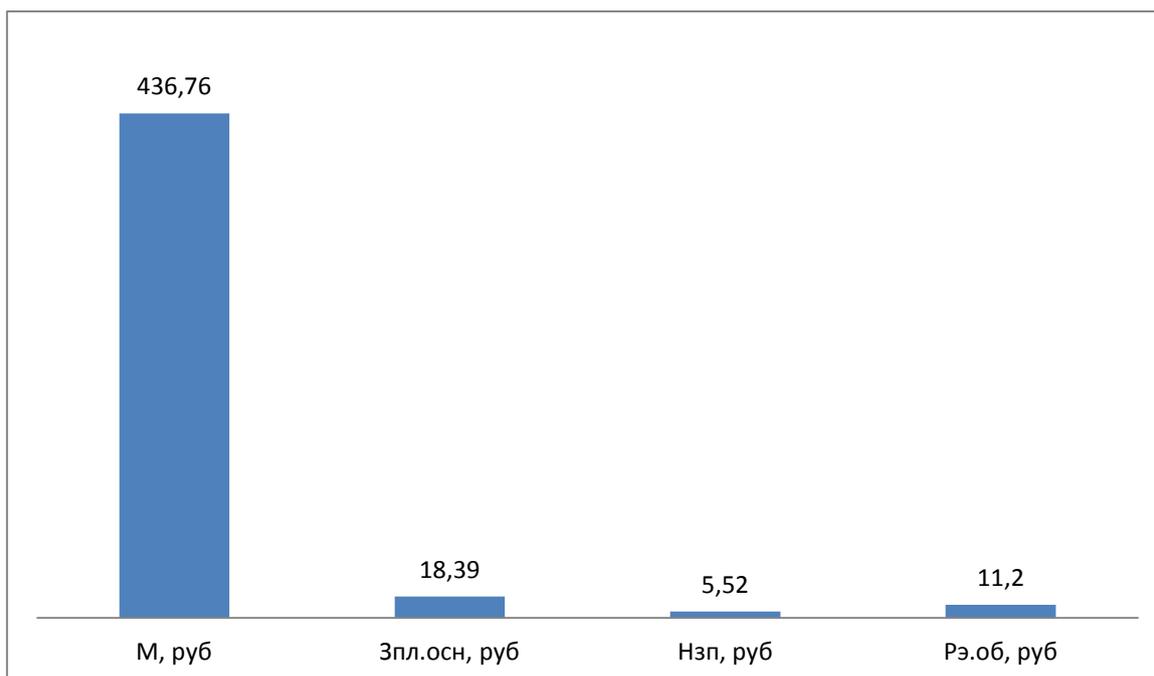


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости

Полученные значения ложатся в основу расчета полной себестоимости на базе, которой будет рассчитана ожидаемая прибыль, чистая прибыль, а так же срок окупаемости капитальных вложений и эффективность предлагаемого технологического процесса.

Так как все расчеты велись только по одному технологическому процессу по [25], поэтому для расчёта ожидаемой прибыли будем использовать формулу 5.1:

$$\Pi_{\text{ож.}} = C_{\text{полн.}} \cdot R \cdot \Pi_{\text{Г.}}, \quad (5.1)$$

где R – рентабельность производства, 18% – 25% ($R = 0,25$);

$\Pi_{\text{Г.}}$ – программа выпуска ($\Pi_{\text{Г.}} = 10000$ шт.);

$C_{\text{полн.}}$ – полная себестоимость ($C_{\text{полн.}} = 540,42$ руб.).

От полученной величины ожидаемой прибыли вычтем налог и получим чистую прибыль, которая составит 497186,4 руб.

Используя все вышеописанные значения, рассчитаем основные параметры для определения эффективности предлагаемого технологического процесса. К таким параметрам относятся:

- общий дисконтированный доход (ОДД);
- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- срок окупаемости изделия (Т).

Учитывая полученные ранее значения, и соответствующую методику по определению перечисленных параметров, имеем следующие результаты:

- ОДД = 1047074,56 руб.;
- ЧДД = 179373,88 руб.;
- ИД = 1,21 руб./руб.;
- Т = 3 года.

Основываясь, на представленных результатах делаем вывод, о том, что внедрение описанного технологического процесса является эффективным. Такое заключение было сделано на базе того, что чистый дисконтированный доход является положительной величиной, что является обязательным условием для эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при выполнении данной выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- определены параметры паянного соединения (диаметр, высоту проточки) на базе анализа напряженного состояния в паянном шве;
- разработан новый технологический процесс изготовления спирального сверла с соединением режущей и хвостовой частей пайкой трением;
- спроектирована наладка на операции: 010 токарная и 040 шлифовальная;
- рассчитаны заготовки для режущей и хвостовой частей спирального сверла, полученные из проката обычной точности;
- выбраны средства технологического оснащения.
- рассчитаны режимы резания, нормы времени и спроектированы наладки на две операции – токарную и шлифовальную;
- произведен расчет экономической эффективности разработки.

Внесенные изменения позволяют снизить себестоимость изготовления осевого режущего инструмента на примере спирального сверла.

Чистый дисконтированный доход составит 179373,88 руб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Twist drills. Their uses and abuses, 2013, Oberg, Erik, 5 pages. (<http://chestofbooks.com/crafts/popular-mechanics/Amateur-Work-4/Twist-Drills-Their-Uses-And-Abuses.html>)
- 2 Sharpening twist drills, 2014, Brown D, 6 pages. (<http://www.smithy.com/machining-handbook/chapter-6/page/4>)
- 3 The influence of twist drill main cutting edge preparation in drilling process, 2015, Moises Izaias de Santana, Milton Luiz Polli, 6 pages.
- 4 Проектирование технологических операций: учеб.-метод. пособие/ Д.А Расторгуев. – Тольятти: ТГУ, 2013.-145с.
- 5 Geometric modeling of twist, 2012 г, Janko D, Jovanović¹, Obrad Spaić, 4 pages.
- 6 A research paper on temperature modelling of friction welding of aluminium and Stainless Steel-304, 2014, Mr. Sachin Kumar, Mr. Deepak Bhardwaj, Mr. Jagdeep Sangwan, 4 pages.
- 7 Малышев В.И. Технология изготовления режущего инструмент: [учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / В. И. Малышев. - Старый Оскол: ТНТ, 2015. - 439 с.5.Кащук В.А., Верещагин А.Б. Справочник шлифовщика. - М. : Машиностроение, 1988. - 480 с.
- 8 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" [Текст]: Учеб. пособие для техникумов по специальности "Обработка металлов резанием" / И.С. Добрыднев. – М: Машиностроение, 1985. - 184 с.
- 9 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

- 10 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
- 11 Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. Вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн: Высш. школа, 1983.- 256с.
- 12 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.
- 13 Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А.А. Панов [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова, 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2005 – 784 с.
- 14 Технологические наладки механической обработки и сборки в машиностроении : учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2003. - 179 с.
- 15 Постановления Госстандарта РФ от 26.12.1994 №367 (ред. от 19.06.2012) О принятии и введении в действие Общероссийского классификатора профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов ОК 016-94
- 16 Введен в действие приказом Росстандарта от 09.06.2016 №602-ст «ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
- 17 Постановление правительства Российской Федерации от 26 июня 2013 № 536 «Об Организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте»
- 18 Постановление правительства Российской Федерации от 21 декабря 1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности»

- 19 Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
- 20 «О введении в действие водного кодекса Российской Федерации» от 03.06.2006 №73-ФЗ // Справочно-правовая система «Консультант – Плюс» [Электронный ресурс] / Компания «Консультант – Плюс».
- 21 «О введении в действие земельного кодекса Российской Федерации» от 03.07.2016 №137-ФЗ
- 22 Федеральный закон от 04.05.1999 №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»
- 23 Горина, Л.Н. Методические указания к дипломному проектированию / Л.Н. Горина. – Тольятти: ТГУ, 2003г. – 17с.
- 24 Постановление Госстандарта СССР от 14.06.1991 №875 «ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования»
- 25 Зубкова Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». / Н.В. Зубкова – Тольятти: ТГУ, 2015. – 73с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта технологического процесса

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

