

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
(наименование института полностью)
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(код и наименование направления подготовки)
Технология машиностроения
(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Разработка технологического процесса изготовления зенкера с соединением режущей и хвостовой частей пайкой трением с анализом теплофизики пайки»

Студент	<u>Е.А. Тюрина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Л.А. Резников</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.В. Степаненко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Яценко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой
к.т.н, доцент

_____ **Н.Ю. Логинов**
(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Разработка технологического процесса изготовления зенкера с соединением режущей и хвостовой частей пайкой трением с анализом теплофизики пайки.

Выпускная квалификационная работа. Тольятти. Тольяттинский Государственный Университет, 2017 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологического процесса изготовления зенкера с соединением режущей и хвостовой частей пайкой трением с анализом теплофизики пайки.

Целью данной работы является снижение себестоимости изготовления осевого режущего инструмента на примере зенкера, используя пайку трением.

Предложено:

- оптимизировать технологический процесс изготовления детали зенкера в условиях среднесерийного производства;
- получить заготовку методом проката нормальной точности;
- спроектировать технологические операции;
- выполнить анализ теплофизики пайки;
- оптимизировать режим пайки для заданных параметров зенкера.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 72 страниц, содержащей 13 таблиц, 9 рисунков, и графической части, содержащей 8 листов.

ABSTRACT

The graduation work is devoted to the development of a technological process for the production of a reamer with a cutting and a tail parts joint by friction soldering and the analysis of the thermal physics of soldering.

The alignment for friction welding of the connected parts is not high, and it is necessary to increase the allowance for the tool making, which significantly increases the consumption of metal.

The aim of the work is to reduce the prime cost of manufacturing the axial cutting tool using friction soldering by the example of a reamer.

In this work we proposed the following methods: to optimize the technological process of detail manufacturing by the example of a reamer in medium-series production; to obtain the billet by the method of rolling with normal accuracy; to design technological operations; to analyze the thermal physics of soldering; to optimize the soldering regime for the given parameters of the reamer.

The graduation work consists of an explanatory note on 72 pages, introduction, including 9 figures, 13 tables, the list of 27 references including 5 foreign sources and 2 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.....	11
1.3 Анализ базового варианта техпроцесса.....	12
1.4 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса.....	15
2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ. АНАЛИЗ ТЕПЛОФИЗИКИ ПАЙКИ ТРЕНИЕМ.....	17
2.1. Схематизация процесса.....	17
2.2. Тепловыделение.....	18
2.3. Балансовые уравнения.....	20
2.4. Определение теплового потока	21
2.5. Построение графика зависимости числа оборотов шпинделя станка от времени пайки	23
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	27
3.1 Выбор типа производства	27
3.2 Выбор метода изготовления заготовки	27
3.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	30
3.4 Определение припуска и проектирование заготовки	31
3.5 Технологический маршрут изготовления	35
3.6 Выбор средств технологического оснащения.....	36
3.7 Разработка технологических операций	43
4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ	46
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	46
4.2 Идентификация профессиональных рисков	47
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	49
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	50

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	52
4.6. Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	54
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	59
ПРИЛОЖЕНИЯ	62

ВВЕДЕНИЕ

Изготовление металлорежущего инструмента является одним из основных направлений машиностроения. Развитию машиностроения способствует усовершенствование технологических процессов изготовления металлорежущих инструментов, в частности изготовления осевых инструментов, которые используются практически в любом процессе машиностроения. В современном производстве осевые инструменты изготавливают из рабочей и хвостовой частей для уменьшения себестоимости. Она достигается за счет уменьшения объема используемой быстрорежущей стали в рабочей части инструмента, которая является более дорогим материалом, в отличие от конструкционной стали. Основным методом соединения рабочей и хвостовой частей является – сварка трением. При данном методе, заготовки из быстрорежущей и конструкционной сталей закрепляются в зажимном устройстве, одна из них приводится во вращение, относительно своей оси. Торцы заготовок прижимаются друг к другу с определенным усилием, возникает трение, что вызывает их разогрев до температуры сварки. В этот момент вращение прекращают и возникает сварочный шов. Соосность при данном методе стыковых частей не высока, при этом необходимо увеличивать припуск на изготовление инструмента, что существенно увеличивает расход металла.

В технической литературе для избежания данной проблемы предлагается использовать метод пайки трением. В этом случае необходимо выполнить наружную проточку на одной заготовке и внутреннюю проточку на второй заготовке одинаковых диаметров. Во внутреннюю проточку помещают таблетку припоя из более теплопроводного металла, например латунь. Сам процесс спайки схож с процессом сварки трением, но в этом случае, при вращении одной из заготовок, расплавляется припой. При этом расплав таблетки равномерно распределяется, обеспечивая соосность спайных швов.

Целью выпускной работы является снижение себестоимости изготовления осевого режущего инструмента на примере зенкера, используя пайку трением, для чего необходимо выполнить анализ теплофизики пайки и оптимизировать режим пайки.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Анализ служебного назначения детали

1.1.1 Описание конструкции, анализ служебного назначения детали

Необходимо провести анализ служебного назначения детали для определения точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Данная деталь является зенкером с коническим хвостовиком для обработки сквозных отверстий по ГОСТ 12489-71 [1] со следующими размерами:

Диаметр рабочей части 31,6 мм;

Общая длина зенкера $L_1 = 334$ мм;

Длина нарезания канавки $L_2 = 185$ мм;

Углы $\varphi = 60^\circ$, $\omega = 20^\circ$;

Число зубьев $z = 3$.

Конус Морзе 4АТ7, ГОСТ 25557-82.

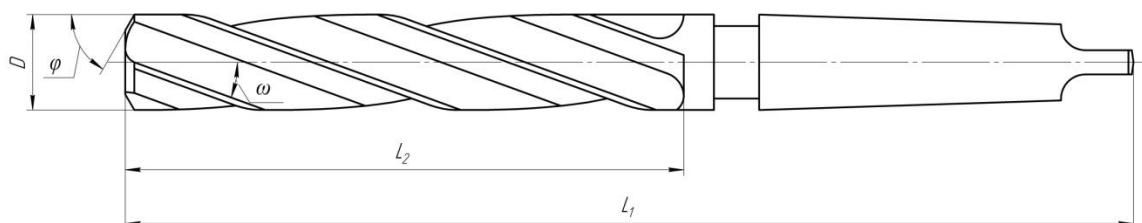


Рисунок 1.1 – Зенкер с коническим хвостовиком

Деталь относится к осевым режущим инструментам.

1.1.2 Анализ материала детали

Для уменьшения себестоимости рабочая часть выполняется из инструментальной быстрорежущей стали Р18, хвостовая часть – из конструкционной стали 40Х.

Материал рабочей части зенкера – Р18 ГОСТ 19265-73 [2].

Химический состав стали Р18 представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали P18

В процентах

Элемент	C	Cr	W	V	Ni	Cu	S	P
					Не более			
Содержание	0,73- 0,83	3,8- 1,4	17,0- 18,5	1,0- 1,4	0,6	0,25	0,030	0,030

Механические свойства стали P18:

- предел пропорциональности $\sigma_T = 510$ Мпа;
- временное сопротивление разрыву $\sigma_B = 840$ Мпа;
- относительное удлинение после разрыва $\delta_5 = 8$ %;
- относительное сужение $\Psi = 10$ %;
- ударная вязкость $KCU = 19$ Дж/см²;
- твердость по Бринеллю НВ – 255.

Физические свойства стали P18:

- плотность материала $\rho = 8800$ кг/м³;
- коэффициент теплопроводности $\lambda = 27,2$ Вт/(м°С);
- коэффициент температуропроводности $\omega = 0,057 * 10^4$ м²/с.

Материал хвостовой части зенкера 40X ГОСТ 4543-71 [3].

Химический состав стали 40X представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Химический состав стали 40X

В процентах

Элемент	C	Si	Mn	Cr
Содержание	0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	0,80 – 1,10

Механические свойства стали 40X:

- предел пропорциональности $\sigma_T = 780$ Мпа;
- временное сопротивление разрыву $\sigma_B = 980$ Мпа;

- относительное удлинение после разрыва $\delta_5 = 10 \%$;
- относительное сужение $\Psi = 45 \%$;
- ударная вязкость $KCU=59 \text{ Дж/см}^2$.

Физические свойства стали 40Х:

- плотность материала $\rho = 7820 \text{ кг/м}^3$;
- коэффициент теплопроводности $\lambda = 33,9 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$;
- коэффициент температуропроводности $\omega = 0,067 * 10^4 \text{ м}^2/\text{с}$.

Материал таблетки припоя латунь Л60 ГОСТ 15527-2004 [4].

Свойства латуни Л60 необходимые для дальнейшего расчета работы:

- коэффициент теплопроводности $\lambda = 120 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$;
- коэффициент температуропроводности $\omega = 0,376 * 10^4 \text{ м}^2/\text{с}$;
- температура плавления $\theta_{пл} = 904^\circ\text{С}$.

1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

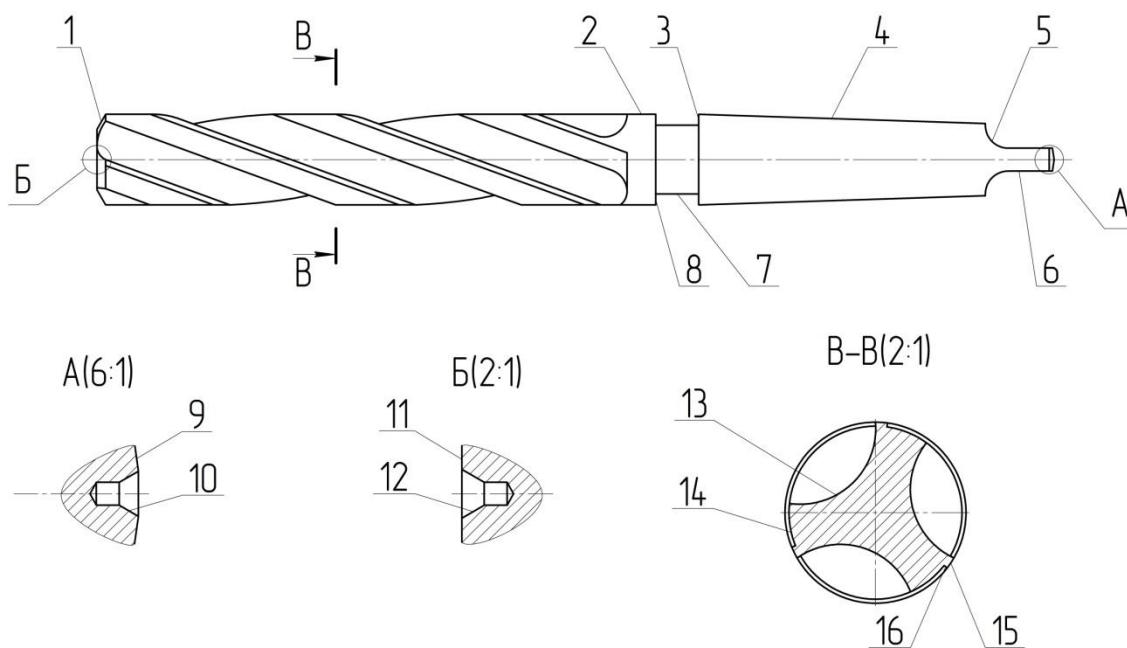


Рисунок 1.2 – Систематизация поверхностей зенкера

Как показано на рисунке 1.2, всем поверхностям детали присвоены номера для дальнейшей формулировки их служебного назначения. Поверхности распределены по видам и представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Классификация поверхностей зенкера

Вид поверхностей	Номера поверхностей
Исполнительные поверхности	1,13,14,15,16
Основные конструкторские базы (ОКБ)	4,6
Свободные поверхности	остальные

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь зенкер изготавливается из двух заготовок из сталей Р18 ГОСТ 19265-73 и 40Х ГОСТ 4843-71, полученных прокатом, для уменьшения себестоимости по сравнению с цельным зенкером [5]. Наружный контур детали не вызывает затруднений при получении заготовок, то есть заготовки являются технологичными [6].

Конструкция зенкера и размеры соответствуют указанным в ГОСТ 12489-71 для зенкера с коническим хвостовиком диаметром 31,6 мм. для обработки сквозных отверстий и полем допуска номинального диаметра $h8$.

Стандартные элементы конструкции позволяют использовать при производстве в большей степени унифицированный инструмент и приспособления [7].

При соединении режущей и хвостовой частей зенкера используется метод пайки трением. Для этого необходимо выполнить наружную проточку на заготовке для рабочей части и внутреннюю проточку на второй заготовке для хвостовой части одинаковых диаметров. В качестве припоя используется таблетка из латуни. При данном методе обеспечивается большая соосность соединенных частей, чем при сварке трением, что уменьшает расход металла на припуск и улучшает качество отверстий, обрабатываемых данным зенкером.

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Содержание и последовательность базового маршрута приведены в таблице 1.4. [8]

Таблица 1.4 – Характеристика базового процесса

№ оп	Наименование оп	Оборудование	Приспособление	Инструмент
1	2	3	4	5
000	Отрезная	Абразивно-отрезной МФ332	Цанговый патрон. Цанга	Резец отрезной Т5К10
005	Сварка	Машина для сварки МСТ-41-3	Зажимное приспособление	–
010	Токарная	Токарный полуавтомат 1216-4К	Цанговый патрон. Цанга	Резец отрезной специальный Т5К10
015	Термическая (закалка)	–	–	–
020	Бесцентрово-шлифовальная	Бесцентрово-шлифовальный 3М182	Опорный нож	Шлифовальный круг. Ведущий круг. Алмазный карандаш
025	Шлифовальная специальная	Специальный шлифовальный Hertlein TG-150	Призмы. Упор	Шлифовальный круг. Алмазный карандаш

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5
030	Наладочная	Специальный шлифовальный Hertlein TG-150	Призмы	Контрольная оправка
035	Шлифовальная с ЧПУ	Шлифовальный Gühring NU535Г	Патрон трехкулачковый	Шлифовальный круг
040	Контрольная	–	–	–
045	Термическая	–	–	–
050	Рихтовочная	Пресс П-417Б	Призмы	–
055	Бесцентрово-шлифовальная	Бесцентрово-шлифовальный 3М182	Опорный нож. Желоб	Шлифовальный круг
060	Нанесение покрытия	–	Тара нержавеющая	–
065	Маркировочная	–	–	–
070	Контрольная	–	–	–
075	Консервация	–	–	–
080	Упаковочная	–	–	–

Описание базового технологического процесса приведено в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Описание базового процесса

№ оп	Наименование оп	Описание операции
1	2	3
000	Отрезная	Отрезать, выдерживая размер L заготовки
005	Сварка	Сварить трением заготовки

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3
010	Токарная	Точить торец рабочей части, выдерживая угол 2φ
015	Термическая (закалка)	Закалить. Твердость HRC, согласно чертежу
020	Бесцентрово- шлифовальная	Шлифовать цилиндрическую поверхность по всей длине заготовки
025	Шлифовальная специальная	Шлифовать лапку хвостовика, выдерживая размеры согласно чертежу
030	Наладочная	Выполнить наладку станка
035	Шлифовальная с ЧПУ	Переход 1. Шлифовать стружечные канавки Переход 2. Шлифовать спинки Переход 3. Заточить по задней поверхности Переход 4. Выполнить подточку
040	Контрольная	Контролировать размеры поверхностей, полученных при обработке, увеличение сердцевины, шероховатость, согласно чертежу 30% от партии
045	Термическая	Отпустить
050	Рихтовочная	Рихтовать
055	Бесцентрово- шлифовальная	Шлифовать окончательно, с образованием обратной конусности согласно чертежу
060	Нанесение покрытия	Нанести покрытие TiN
065	Маркировочная	Маркировать согласно чертежу
070	Контрольная	Контролировать все размеры и технологические требования согласно чертежу 10% от партии
075	Консервация	—
080	Упаковочная	Упаковать сверла

1.4 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса

1.4.1 Анализ недостатков базового техпроцесса

При анализе базового техпроцесса можно сделать вывод о том, что данный ТП подходит только для единичного и мелкосерийного производства. Устаревшие оборудование и оснастка, используемые в техпроцессе, не позволяют добиться необходимой производительности в среднесерийном производстве.

При сварке трением не обеспечивается высокая соосность поверхностей свариваемых частей детали, что приводит к увеличению припуска на изготовление [9]. После операции сварки трением необходима дополнительная операция на шлифовальном станке для удаления грата. При шлифовании лапки зенкера уходит большее количество времени, чем при использовании токарной операции. Использование токарных станков позволит обрабатывать несколько поверхностей на одной операции без дополнительных установок и переналадок оборудования. Низкий уровень автоматизации и механизации на операциях всего базового техпроцесса.

1.4.2 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса

Наметим задачи ВКР, требующие решения с учетом вышеперечисленных недостатков:

- 1) спроектировать заготовку из проката и назначить припуски;
- 2) выбрать оборудование для среднесерийного производства;
- 3) заменить операцию сварки трением на операцию пайки трением;
- 4) спроектировать оборудование для пайки трением;
- 5) выполнить наружную проточку на одной заготовке и внутреннюю проточку на второй заготовке одинаковых диаметров на токарных операциях;
- 6) выполнить анализ теплофизики пайки и оптимизировать режим пайки;
- 7) спроектировать наладку для шлифовальной операции и операции пайки трением;

8) разработать мероприятия по охране труда и окружающей среды при изготовлении детали;

9) определить экономический эффект от внесенных изменений в техпроцессе.

2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ. АНАЛИЗ ТЕПЛОФИЗИКИ ПАЙКИ ТРЕНИЕМ

2.1. Схематизация процесса

Поскольку задача осесимметричная, то целесообразно рассмотреть плоское состояние [10]. Для решения задачи с целью упрощения моделирования процесса были приняты следующие допущения:

- 1) Хвостовик представляет собой полупространство.
- 2) Рабочая часть представляет собой полубесконечный стержень.
- 3) Таблетка представляет собой цилиндр конечной длины.

4) Поскольку по мере расплавления трение без смазки переходит в трение со смазкой, причем последнее существует большую часть времени пайки трением, то в данной работе принят средний коэффициент трения $f = 0,1$.

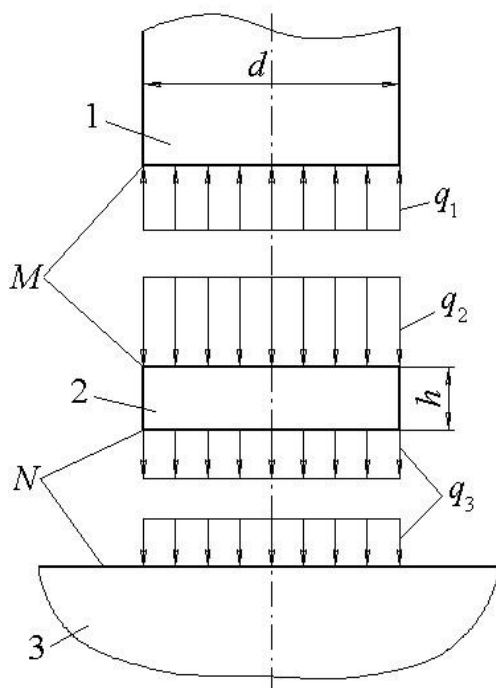


Рисунок 2.1 – Теплофизическая схема процесса

Теплота, выделяющаяся на торце трения M , распределяется между рабочей частью (источник теплоты q_1) и таблеткой припоя (источник q_2). Существует также теплопередача от таблетки в хвостовик инструмента (источник q_3). С учетом схемы процесса, записываем коды тепловых задач:

1) для рабочей части $+\frac{222}{101.01}52$;

2) для хвостовика $+\frac{222}{101.01}12$;

3) для таблетки припоя $+\frac{222}{101.01}72$ на верхнем торце и $-\frac{222}{101.01}72$ на

нижнем торце.

2.2. Тепловыделение

В первом приближении примем, что тепловыделение происходит в месте контакта нижнего торца рабочей части инструмента с таблеткой припоя.

В соответствии с кодами тепловых задач в [11] находим, что температура на торце рабочей части в центре источника будет определяться выражением

$$\theta_1^M = \frac{2q_1\sqrt{\omega_1\tau}}{\lambda_1\sqrt{\pi}}, \quad (2.1)$$

где λ_1 – коэффициент теплопроводности материала режущей части, Вт/(м°C);

ω_1 – коэффициент температуропроводности материала режущей части, м²/с;

τ – время, с;

q_1 – тепловой поток (рисунок 2.1), Вт/м².

Температура на верхнем M и нижнем N торцах таблетки будет определяться выражениями

$$\theta_2^M = \frac{2\sqrt{\omega_2\tau}}{\lambda_2\sqrt{\pi}}(q_2 A_1 - q_3 A_2); \quad (2.2)$$

$$\theta_2^N = \frac{2\sqrt{\omega_2\tau}}{\lambda_2\sqrt{\pi}}(q_2 A_2 - q_3 A_1), \quad (2.3)$$

где λ_2 – коэффициент теплопроводности материала таблетки, Вт/(м°C);
 ω_2 – коэффициент температуропроводности материала таблетки, м²/с;
 q_2 и q_3 – тепловые потоки (рисунок 1), Вт/м²;
 A_1 и A_2 – безразмерные комплексы.

Средняя температура контактной площадки на торце хвостовика:

$$\theta_3^N = \frac{2q_3\sqrt{\omega_3\tau}}{\lambda_3\sqrt{\pi}} \cdot kA_3, \quad (2.4)$$

где λ_3 – коэффициент теплопроводности материала хвостовика, Вт/(м°C);
 ω_3 – коэффициент температуропроводности материала хвостовика, м²/с;
 q_3 – тепловой поток, Вт/м²;
 A_3 – безразмерный комплекс;
 $k = 0,83$ – отношение средней температуры контакта к максимальной [11].

Как показано в [11],

$$A_1 = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} (\exp[-n^2 \varepsilon^2] - /n/\varepsilon\sqrt{\pi}(1 - \operatorname{erf}[|n|\varepsilon])), \quad (2.5)$$

$$A_2 = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} (\exp[-0,25(1-2n)^2 \varepsilon^2] - 0,5/1-2n/\varepsilon\sqrt{\pi}(1 - \operatorname{erf}[0,5/1-2n/\varepsilon])), \quad (2.6)$$

$$A_3 = 1 - \exp[-\gamma^2] + 1,8\gamma(1 - \operatorname{erf} \gamma), \quad (2.7)$$

где

$$\varepsilon = 10^{-3} h / \sqrt{\omega_2 \tau}; \quad (2.8)$$

$$\gamma = 0,28 \cdot 10^{-3} d / \sqrt{\omega_3 \tau} \quad (2.9)$$

– безразмерные величины. Множители 10^{-3} возникают из-за того, что толщину таблетки припоя h и ее диаметр d в формулы (2.8) и (2.9) подставляют не в метрах, а в миллиметрах.

2.3. Балансовые уравнения

Для отыскания величин q_1 , q_2 и q_3 составим систему уравнений, исходя из того, что вся теплота трения (интенсивность тепловыделения q), распределяется на поверхности M между рабочей частью инструмента и таблеткой припоя, а также исходя из равенства температур соприкасающихся тел на торцах M и N :

$$\begin{cases} \theta_1^M = \theta_2^M; \\ \theta_2^N = \theta_3^N; \\ q = q_1 + q_2. \end{cases} \quad (2.10)$$

Решая систему (2.10) с учетом (2.1) ÷ (2.9), получаем:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{b(b+e)-c^2}{(b+e)(a+b)-c^2} q; \\ q_2 = \frac{a(b+e)}{(b+e)(a+b)-c^2} q; \\ q_3 = \frac{ac}{(b+e)(a+b)-c^2} q, \end{cases} \quad (2.11)$$

где $a = \sqrt{\omega_1}/\lambda_1$, $b = A_1 \sqrt{\omega_2}/\lambda_2$, $c = A_2 \sqrt{\omega_2}/\lambda_2$, $e = A_3 \sqrt{\omega_3}/\lambda_3$.

2.4. Определение теплового потока

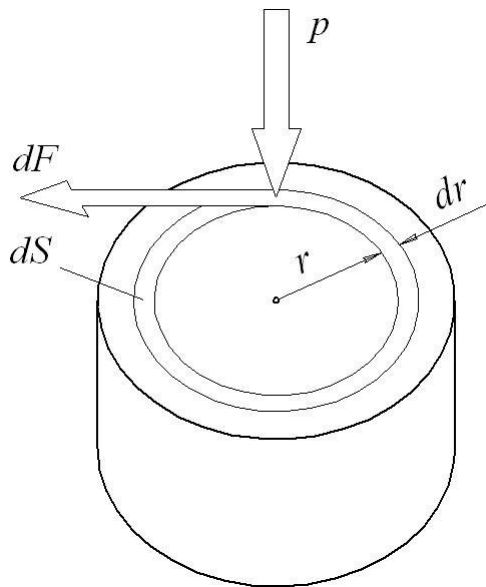


Рисунок 2.2 – Тепловыделение от трения на торце таблетки припоя

Для определения суммарного теплового потока q рассмотрим таблетку припоя (рисунок 2.2). На элементарном кольцевом участке торца M , площадь которого равна $dS = 2\pi r dr$ (r – текущий радиус, мм) действует элементарная сила трения $dF = fp dS$, где f – коэффициент трения между материалами рабочей части инструмента и таблетки припоя; $p = 4P/(\pi d^2)$ – осевая нагрузка, приходящаяся на единицу площади торца, Н/мм².

Работа элементарной силы трения за один оборот рабочей части:

$$dA = 2\pi rdF = \frac{16\pi fP}{d^2} r^2 dr, \text{ Н}\cdot\text{мм}, \quad (2.12)$$

а работа всех элементарных сил трения за этот же период времени:

$$A = \int_0^{d/2} dA = \frac{2}{3} \pi fPd, \text{ Н}\cdot\text{мм}. \quad (2.13)$$

Если рабочая часть инструмента вращается в процессе пайки с частотой n (об/мин), то тепловая мощность процесса трения (работа сил трения в единицу времени):

$$W = 10^{-3} A \frac{n}{60} = \frac{\pi}{9 \cdot 10^4} fPdn, \text{ Вт}. \quad (2.14)$$

Множитель 10^{-3} возникает от перевода работы из Н·мм в Н·м; множитель 60 в знаменателе – от перевода частоты вращения из об./мин. в об/с.

Примем, в первом приближении, что тепловыделение при трении равномерно распределено по торцу M . Тогда:

$$q = \frac{4 \cdot 10^6 W}{\pi d^2} = \frac{400}{9} \cdot \frac{fPn}{d}. \quad (2.15)$$

В пользу принятия распределения равномерным свидетельствует снижение коэффициента трения с ростом линейной скорости взаимного перемещения трущихся поверхностей от центра к периферии торца, которое в известной мере устраняет неравномерность тепловыделения.

Подставляя (2.15) в систему (2.11), находим тепловые потоки через компоненты паяного соединения, а с их помощью по зависимостям (2.1)÷(2.4) средние температуры в зоне пайки.

2.5. Построение графика зависимости числа оборотов шпинделя станка от времени пайки

Средняя температура таблетки припоя

$$\bar{\theta}_2 = \frac{\theta_2^M + \theta_2^N}{2}. \quad (2.16)$$

Положив $\bar{\theta}_2 = \theta_{\text{пл}}$, где $\theta_{\text{пл}}$ – температура плавления припоя, построим график зависимости $n = f(\tau)$ (рисунок 2.3).

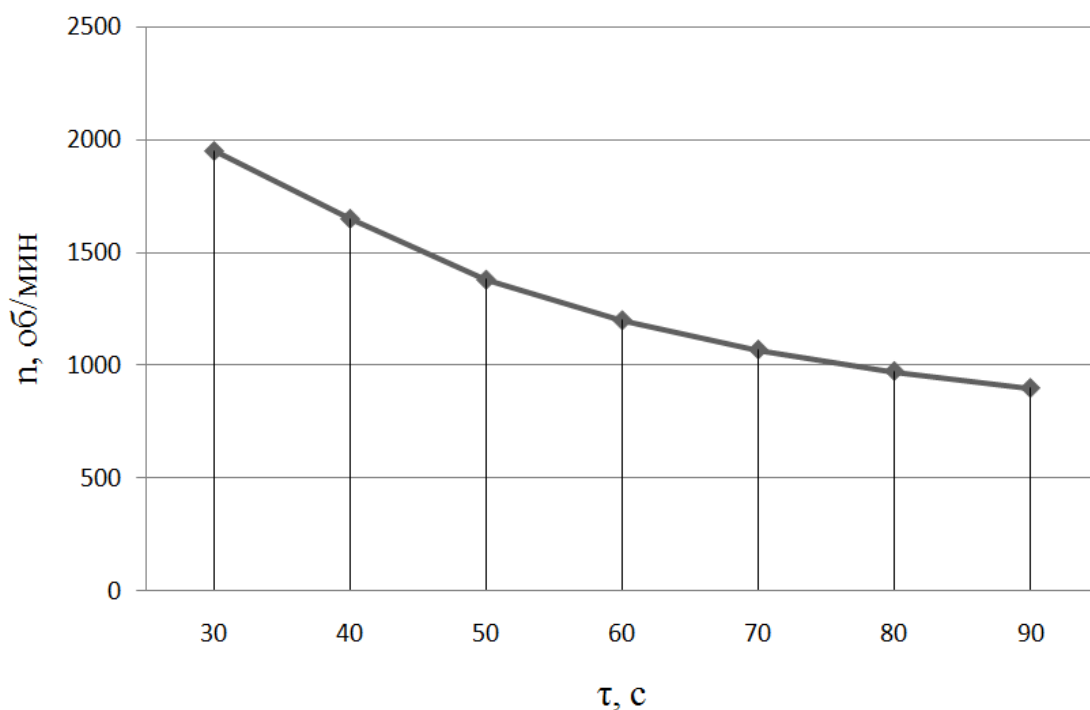


Рисунок 2.3 – График зависимости числа оборотов шпинделя станка от времени пайки

С помощью этого графика при задании частоты вращения шпинделя можно оценить время пайки или по заданному времени пайки определить необходимую частоту вращения шпинделя. Например, для времени пайки $\tau = 60$ с частота вращения $n = 1200$ об/мин. Полученные данные расчета приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Полученные результаты расчета

$\tau, \text{с}$	30	40	50	60	70	80	90
$n, \text{об/мин}$	1950	1650	1380	1200	1070	975	900

Расчет производился в программе Mathcad. Скриншот расчета для $\tau = 60$ с приведен на рисунке 2.4.

Mathcad Professional - [расчет числа оборотов с формулами для A]

Файл Редактирование Вид Вставка Формат Математика Символика Окно Помощь

Normal Arial 10 B I U

$d := 11$ $\omega_1 := 0.057 \cdot 10^{-4}$ $\lambda_1 := 27.2$ $f := 0.1$ $\theta := 904$
 $\omega_2 := 0.376 \cdot 10^{-4}$ $\lambda_2 := 120$
 $\omega_3 := 0.067 \cdot 10^{-4}$ $\lambda_3 := 33.9$ $P := 2500$ $\tau := 60$

$h := 6$

$\varepsilon := \frac{10^{-3} \cdot h}{\sqrt{\omega_2 \cdot \tau}} \quad \varepsilon = 0.126$

$\gamma := \frac{0.28 \times 10^{-3} \cdot d}{\sqrt{\omega_3 \cdot \tau}} \quad \gamma = 0.154$

$A_1 := \sum_{n=-100}^{100} \left[\exp(-n^2 \varepsilon^2) - |n| \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\pi} \cdot (1 - \operatorname{erf}(|n| \cdot \varepsilon)) \right]$
 $A_1 = 5.774$

$A_2 := \sum_{n=-100}^{100} \left[\exp[-0.25 \cdot (1 - 2 \cdot n)^2 \cdot \varepsilon^2] - 0.5 \cdot |1 - 2 \cdot n| \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\pi} \cdot (1 - \operatorname{erf}(0.5 \cdot \varepsilon \cdot |1 - 2 \cdot n|)) \right]$
 $A_2 = 6.997$

$A_3 := 1 - \exp(-\gamma^2) + \frac{\gamma}{0.56} \cdot (1 - \operatorname{erf}(\gamma))$
 $A_3 = 0.25$

$a := \frac{\sqrt{\omega_1}}{\lambda_1}$

$b := \frac{A_1 \cdot \sqrt{\omega_2}}{\lambda_2}$

$c := \frac{A_2 \cdot \sqrt{\omega_2}}{\lambda_2}$

$e := \frac{0.83 \cdot A_3 \cdot \sqrt{\omega_3}}{\lambda_3}$

$K := \frac{400}{9} \cdot \frac{f}{\lambda_2 \cdot d} \cdot \sqrt{\frac{\omega_2 \cdot \tau}{\pi}} \cdot (A_1 + A_2) \cdot \frac{a \cdot [(b + e) + c]}{(b + e) \cdot (a + b) + c^2}$

$P_n := \frac{\theta}{K}$
 $P_n = 3 \times 10^6$

$n := \frac{P_n}{P}$
 $n = 1.2 \times 10^3$

Рисунок 2.4 – Расчет для $\tau = 60$ с.

Исходными данными являлись:

- диаметр таблетки припоя $d = 11$ мм;
- коэффициент трения $f = 0,1$;
- температура плавления припоя $\theta_{\text{пл}} = 904^{\circ}\text{C}$;
- сила сжатия $P = 2500$ Н;
- коэффициенты теплопроводности стали Р18 $\lambda = 27,2$ Вт/(m°C), стали 40Х $\lambda = 33,9$ Вт/(m°C), латуни Л60 $\lambda = 120$ Вт/(m°C);
- коэффициенты температуропроводности стали Р18 $\omega = 0,057 * 10^4$ m^2/c , стали 40Х $\omega = 0,067 * 10^4$ m^2/c , латуни Л60 $\omega = 0,067 * 10^4$ m^2/c .

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

3.1 Выбор типа производства

В машиностроении различают три типа производства: массовое, серийное и единичное. Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{з.о.}$. Для его определения необходимо знать число рабочих мест и число технологических операций, выполненных в течение месяца. Так как в начале проектирования эти данные неизвестны, определим тип производства по табличным данным [12], с учетом годовой программы и массы детали.

При годовой программе 10000 дет./год и массе детали 1,25 кг по чертежу, выбираем среднесерийный тип производства.

Для среднесерийного производства характерна переменнo-поточная форма организации техпроцесса.

3.2 Выбор метода изготовления заготовки

Учитывая физико-технологические свойства сталей P18 и 40X и то, что деталь является осевым режущим инструментом, можно проектировать заготовку из проката нормальной точности.

Определим параметры исходной заготовки.

Так как деталь состоит из двух частей, то будем вести расчет по двум заготовкам: из стали P18 для рабочей части и из стали 40X для хвостовика инструмента.

3.2.1 Параметры для заготовки из стали P18.

Установим вес заготовки из стали P18 M_p , кг:

$$M_p = V \cdot \rho, \quad (3.1)$$

где V – объем фигуры, мм^3 ;

ρ – плотность материала, кг/м³.

Заготовка из сортового проката представляет собой цилиндрическое тело с диаметром, определяемым выражением:

$$d_p = d_d^{max} \cdot 1,05 = 31,6 \cdot 1,05 = 33,18 \text{ мм}, \quad (3.2)$$

где d_d^{max} – максимальный диаметр детали, мм.

Принимаем диаметр заготовки 34 мм.

Длина заготовки:

$$l_p = l_d^{max} \cdot 1,05 = 220 \cdot 1,05 = 231 \text{ мм}, \quad (3.3)$$

где l_d^{max} – максимальная длина детали, мм.

Принимаем длину заготовки 231 мм.

Объем цилиндрической заготовки определим по формуле:

$$V_p = \frac{\pi d_p^2 \cdot l_p}{4} = \frac{3,14 \cdot 34^2 \cdot 236}{4} = 214160 \text{ мм}^3, \quad (3.4)$$

Масса заготовки для рабочей части детали:

$$M_p = V_p \cdot \rho_p = 214160 \cdot 10^{-9} \cdot 8800 = 1,8 \text{ кг}, \quad (3.5)$$

где V_p – объем заготовки рабочей части детали, мм³;

ρ_p – плотность стали P18, кг/м³.

Исходя из расчетов, назначаем величину проката нормальной точности по ГОСТ 19265-73:

Круг $\frac{34-B-ГОСТ 2590-88}{P18-II-6 ГОСТ 19265-73}$.

3.2.2 Параметры для заготовки из стали 40Х.

Аналогично проводим расчеты для заготовки из стали 40Х.

Диаметр заготовки:

$$d_x = d_d^{max} \cdot 1,05 = 31,6 \cdot 1,05 = 33,18 \text{ мм}, \quad (3.6)$$

Принимаем диаметр заготовки 34 мм.

Длина заготовки:

$$l_x = l_d^{max} \cdot 1,05 = 124 \cdot 1,05 = 130,2 \text{ мм}, \quad (3.7)$$

Принимаем длину заготовки 130 мм.

Объем цилиндрической заготовки определим по формуле:

$$V_x = \frac{\pi d_x^2 l_x}{4} = \frac{3,14 \cdot 34^2 \cdot 130}{4} = 117969 \text{ мм}^3, \quad (3.8)$$

Масса заготовки для рабочей части детали:

$$M_x = V_x \cdot \rho_x = 117969 \cdot 10^{-9} \cdot 7820 = 0,9 \text{ кг}, \quad (3.9)$$

где V_p – объем заготовки хвостовой части детали, мм^2 ;

ρ_p – плотность стали 40Х, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Исходя из расчетов, назначаем величину проката нормальной точности по ГОСТ 4543-71:

Круг $\frac{B-34 ГОСТ 2590-88}{40X-1-2 ГОСТ 4543-71}$.

Общая масса заготовок:

$$M_3 = M_p + M_x = 1,8 + 0,9 = 2,7 \text{ кг}, \quad (3.10)$$

Определим коэффициент использования материала:

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_3} = \frac{1,25}{2,7} = 0,46, \quad (3.11)$$

где M_d – масса детали на чертеже, кг.

3.3 Выбор методов обработки поверхностей

Составим методы обработки поверхностей зенкера, в зависимости от их шероховатости и точности [13].

Методы обработки приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Методы обработки поверхностей зенкера

Номер операции	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет IT	Маршрут обработки
1,2,3,7,8,9,10,11,12	3,2	12	$T_{\text{ч}}$, ТО
4	0,63	6	$T_{\text{ч}}$, ТО, Ш, Ш _ч
5,6	3,2	12	Ф, ТО
13	0,63	6	$T_{\text{ч}}$, ТО, Ш, З
14,16	2,5	7	$T_{\text{ч}}$, ТО, Ш
15	1,25	7	$T_{\text{ч}}$, ТО, Ш, Ш _ч

Обозначения в таблице 3.1:

$T_{\text{ч}}$ – черновое точение;

Ш – предварительное шлифование;

Ш_ч – чистовое шлифование;

Ф – фрезерование;

ТО – термическая обработка;

З – заточка режущих кромок.

3.4 Определение припуска и проектирование заготовки

3.4.1 Расчет промежуточных припусков табличным методом

Проведем расчет промежуточных припусков по [14] табличным методом.

Результаты расчетов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Припуски на обработку хвостовика зенкера

№ оп	Операция	Поверхности	Припуск на сторону, мм
Хвостовая часть зенкера			
010	Токарная (черновая)	3,10	1,8
015	Токарная (черновая)	4,9	1,8 max
020	Фрезерная	5,6	1,9
030	Шлифовальная предварительная	4	0,5
035	Шлифовальная чистовая	4	0,06
Режущая часть зенкера			
010	Токарная (черновая)	7,8,11,12	1,8 max
015	Токарная (черновая)	1,2	1,6
030	Шлифовальная предварительная	13,14,15,16	0,5
040	Шлифовальная чистовая	15	0,06
045	Заточная	13	0,03

3.4.2 Проектирование и расчет заготовки

Так как деталь состоит из двух частей, то будем вести расчет по двум заготовкам, как уже было сделано в пункте 3.2.

Параметры для заготовки из стали P18.

Определим предельный диаметр заготовки: под черновое точение – 1,6 мм, под предварительное шлифование – 0,5 мм, под получистовое шлифование – 0,06 мм.

$$D_p = d_{\text{НОМ}} + 1,6 + 0,5 + 0,06 = 31,6 + 1,6 + 0,5 + 0,06 = 33,76 \text{ мм}, \quad (3.12)$$

Принимаем прокат нормальной точности по ГОСТ 19265-73:

$$\text{Круг} \frac{34 - \text{В} - \text{ГОСТ 2590} - 88}{\text{P18} - \text{II} - \text{б} \text{ГОСТ 19265} - 73}.$$

Определим длину заготовки: под черновое точение – 1,8 мм на один торец.

$$L_p = L_{\text{НОМ}} + 1,8 + 1,8 = 220 + 1,8 + 1,8 = 223,24 \text{ мм}, \quad (3.13)$$

Примем длину заготовки 224 мм.

Далее определим объем заготовки из проката:

$$V_p = \frac{\pi D_p^2 L_p}{4} = \frac{3,14 \cdot 34^2 \cdot 224}{4} = 203271 \text{ мм}^2, \quad (3.14)$$

Масса заготовки для рабочей части зенкера:

$$M_p = V_p \cdot \rho = 203271 \cdot 10^{-9} \cdot 8800 = 1,63 \text{ кг}, \quad (3.15)$$

Параметры для заготовки из стали 40X.

Определим предельный диаметр заготовки: под черновое точение – 1,6 мм, под предварительное шлифование – 0,5 мм, под получистовое шлифование – 0,06 мм.

$$D_x = d_{\text{НОМ}} + 1,6 + 0,5 + 0,06 = 31,6 + 1,6 + 0,5 + 0,06 = 33,76 \text{ мм}, \quad (3.16)$$

Принимаем прокат нормальной точности по ГОСТ 4543-71:

$$\text{Круг} \frac{\text{В} - 34 \text{ ГОСТ } 2590 - 88}{40\text{X} - 1 - 2 \text{ ГОСТ } 4543 - 71}.$$

Определим длину заготовки: под черновое точение – 1,8 мм на один торец.

$$L_x = L_{\text{НОМ}} + 1,8 + 1,8 = 124 + 1,8 + 1,8 = 127,6 \text{ мм}, \quad (3.17)$$

Примем длину заготовки 128 мм.

Далее определим объем заготовки из проката:

$$V_x = \frac{\pi D_x^2 L_x}{4} = \frac{3,14 \cdot 34^2 \cdot 128}{4} = 116154 \text{ мм}^2, \quad (3.18)$$

Масса заготовки для рабочей части зенкера:

$$M_x = V_x \cdot \rho = 116154 \cdot 10^{-9} \cdot 7820 = 0,75 \text{ кг}, \quad (3.19)$$

Общая масса заготовок:

$$M_3 = M_p + M_x = 1,63 + 0,75 = 2,38 \text{ кг}, \quad (3.20)$$

Определим коэффициент использования материала:

$$\text{КИМ} = \frac{M_{\text{д}}}{M_3} = \frac{1,25}{2,38} = 0,53, \quad (3.21)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали на чертеже, кг.

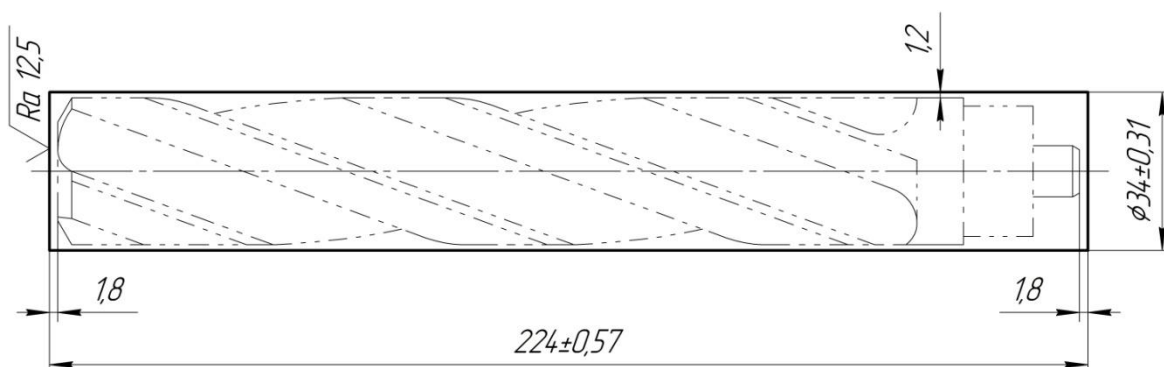


Рисунок 3.1 – Эскиз заготовки режущей части зенкера

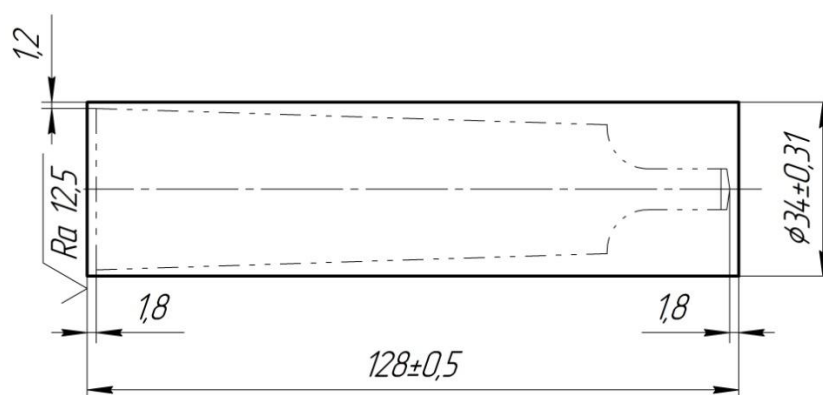


Рисунок 3.2 – Эскиз заготовки хвостовой части зенкера

3.5 Технологический маршрут изготовления

3.5.1 Технологический маршрут изготовления зенкера

На основе разработанных методов обработки составим технологический маршрут и сведем его в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Технологический маршрут изготовления зенкера

№ оп	Операция	Номер поверхности		Технические требования	
		Базовая	Обрабатываемая	IT	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
Хвостовая часть зенкера					
005	Отрезная	4	3, 9	14	12,5
010	Токарная (черновая)	4	10	12	3,2
015	Токарная (черновая)	10	4, 9	12	3,2
020	Фрезерная	10	5, 6	12	3,2
025	Термическая	-	-	-	-
030	Круглошлифовальная (предварительная)	10	4	9	2,5
Режущая часть зенкера					
005	Отрезная	2	8, 11	14	12,5
010	Токарная (черновая)	2	7, 12	12	3,2
015	Токарная (черновая)	7, 12	1, 2	12	3,2
020	Термическая	-	-	-	-
025	Пайка	2, 4	-	-	-
030	Круглошлифовальная (предварительная)	4	13, 14, 15, 16	9	2,5
035	Круглошлифовальная (чистовая)	10, 12	4	6	0,63

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6
040	Круглошлифовальная (чистовая)	4	15	7	1,25
045	Заточная	4	13	8	0,63

3.5.2 План обработки зенкера

Спроектированный план обработки представлен в графической части выпускной квалификационной работы. Маршрутная карта технологического процесса приведена в приложении А. Операционная карта приведена в приложении Б.

3.6 Выбор средств технологического оснащения

Выбранные оборудование и приспособление приведены в таблице 3.4.

Выбранные режущие инструменты и контрольно-измерительные средства представлены в таблице 3.5. [15]

Таблица 3.4 – Оборудование и приспособление

№ оп	Операция	Оборудование	Приспособление
1	2	3	4
Хвостовая часть зенкера			
005	Отрезная	МФ-332 Абразивно-отрезной	УНП с призмами ГОСТ 12195-66
010	Токарная (черновая)	Токарно-револьверный с ЧПУ 1751Ф3	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85
015	Токарная (черновая)	Токарно-револьверный с ЧПУ 1751Ф3	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4
020	Фрезерная	6P104 Вертикально-фрезерный	Тиски слесарные с ручным приводом ГОСТ 4045-75
025	Термическая	-	-
030	Круглошлифовальная (предварительная)	3У12 Круглошлифовальный	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
Режущая часть зенкера			
005	Отрезная	МФ-332 Абразивно-отрезной	УНП с призмами ГОСТ 12195-66
010	Токарная (черновая)	Токарно-револьверный с ЧПУ 1751Ф3	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85
015	Токарная (черновая)	Токарно-револьверный с ЧПУ 1751Ф3	Цанговый патрон ГОСТ 26539-85; Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
020	Термическая	-	-
025	Пайка	Машина для сварки МСТ-41-3	Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80
030	Круглошлифовальная (предварительная)	Шлифовальный Gühring НУ535Г	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71

Продолжение таблицы 3.4

035	Круглошлифовальная (чистовая)	3У12 шлифовальный	Кругло-	Центр упорный ГОСТ 13214-79; Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71
040	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовальный Gühring НУ535Г		Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71
045	Заточная	3672 заточной	Универсально-	Приспособление специальное с цанговым зажимом ГОСТ 3-3907-77

Таблица 3.5 – Режущие инструменты и контрольно-измерительные средства

№ оп	Операция	Режущий инструмент	Контрольный инструмент
1	2	3	4
Хвостовая часть зенкера			
005	Отрезная	Шлифовальный круг 1 400x4x32 24А F36 М 7 VA 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79
010	Токарная (черновая)	Спиральное сверло с коническим хвостовиком Ø 11 мм ГОСТ 10903-77; Зенкер Ø 11 мм ГОСТ 12489-71;	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4
		<p>Резец расточной державочный с пластиной из твердого сплава ГОСТ 9795-84 (h = 25, b = 25, L = 125);</p> <p>Пластина трехгранная Т15К6, φ = 90°;</p> <p>Резец расточной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18882-73 (h = 20, b = 20, L = 140);</p> <p>Спиральное сверло с коническим хвостовиком Ø 1,6 мм ГОСТ 10903-77</p>	
015	Токарная (черновая)	<p>Резец токарный проходной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18869-73;</p> <p>Пластина трехгранная Т15К6, φ = 90°</p>	<p>Калибр-скоба ГОСТ 18355-73;</p> <p>Шаблон ГОСТ 2534-79</p>
020	Фрезерная	<p>Концевая фреза Ø 16 ГОСТ 17025-71</p>	<p>Штангенциркуль ШЦ 2-250-0,1 ГОСТ 166-89</p>
025	Термическая	-	-

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4
030	Круглошлифовальная (предварительная)	Шлифовальный круг 1 100x10x16 24А F36 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Индикатор ИЧ 0- 10-0,01 ГОСТ 577- 68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибр- скоба ГОСТ 18355-73; Микрометр типа МЗ-0-25-0,01 ГОСТ 6507-60
Режущая часть зенкера			
005	Отрезная	Шлифовальный круг 1 400x4x32 24А F36 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79
010	Токарная (черновая)	Резец токарный проходной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18869-73; 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;	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4
		Спиральное сверло с коническим хвостовиком Ø 4 мм ГОСТ 10903-77	
015	Токарная (черновая)	Резец токарный проходной с пластиной из твердого сплава ГОСТ 18869-73; Пластина трехгранная, Т5К10, покрытие Ti-Nb-N $\varphi = 97^\circ$, $h = 25$, $b = 25$, $L = 125$;	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Шаблон ГОСТ 2534-79
020	Термическая	-	-
025	Пайка	-	-
030	Круглошлифовальная (предварительная)	Шлифовальный круг 4 400x10x32 24А F36 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007; Шлифовальный круг 1 400x10x32 24А F36 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;	Индикатор ИЧ 0-10-0,01 ГОСТ 577-68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Микрометр типа МЗ-0-25-0,25 ГОСТ 650760

Продолжение таблицы 3.5

035	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовальный круг 1 400x25x16 24A F36 M 7 V A 30 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Индикатор ИЧ 0- 10-0,01 ГОСТ 577- 68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Микрометр типа МЗ-0-25-0,25 ГОСТ 650760
040	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовальный круг 1 400x10x32 24A F36 M 7 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Индикатор ИЧ 0- 10-0,01 ГОСТ 577- 68; Шаблон ГОСТ 2534-79; Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; Микрометр типа МЗ-0-25-0,25 ГОСТ 650760
045	Заточная	Шлифовальный круг 1 100x15x30 91A F60 M 7 V A 35 м/с ГОСТ Р 52781-2007	Индикатор ИЧ 0- 10-0,01 ГОСТ 577- 68

3.7 Разработка технологических операций

3.7.1 Расчет режимов обработки

Проведем расчет режима обработки чистовой шлифовальной операции 035 хвостовика зенкера по методике приведенной в [16].

Выбранное оборудование, приспособление и режущий инструмент для данной операции приведены ранее в таблицах 3.4 и 3.5.

Эффективная мощность при шлифовании торцом круга:

$$N = C_N V_3^r t^x b^z = 2,65 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 100^0 = 1,45 \text{ кВт}, \quad (3.22)$$

где C_N , r , x , z – коэффициент и показатели степени,

V_3 – скорость вращения заготовки $V_3 = 30$, м/мин;

t – глубина шлифования $t = 0,01$, мм;

b – ширина шлифования $b = 100$, мм.

Скорость вращения круга $V_k = 30$, м/с.

Продольная подача круга:

$$S = (0,2 - 0,4) B = (0,2 - 0,4) \cdot 25 = 5 - 10 \text{ мм/об}, \quad (3.23)$$

где B – толщина круга, мм.

Принимаем продольную подачу 5 мм/об.

Частота вращения заготовки:

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 31,2} = 306,2 \text{ об/мин}, \quad (3.24)$$

где D_3 – средний диаметр заготовки, мм.

Частота вращения круга:

$$n_k = \frac{1000V_k \cdot 60}{\pi D_k} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3,14 \cdot 400} = 1433 \text{ об/мин}, \quad (3.25)$$

где D_k – диаметр круга, мм.

Для операции 025 пайки трением детальный расчет был приведен ранее в исследовательской части работы. Краткое описание операции:

- сила сжатия $P = 2500 \text{ Н}$;
- частота вращения $n = 1200 \text{ об/мин}$;
- время пайки $\tau = 60 \text{ с}$.

3.7.2 Нормирование технологических операций

Проведем расчет технических норм времени на все технологические операции по методике представленной в [17].

Результаты расчета приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Нормирование технологических операций

№	Название	T_o , мин	T_v , мин	$T_{оп}$, мин	$T_{ст}$, мин	$T_{п.з}$, мин	$T_{шт}$, мин	n	$T_{шт-к}$, мин
Хвостовая часть									
010	Токарная (черновая)	0,198	0,23	0,292	0,017	17	2,51	236	2,775
015	Токарная (черновая)	0,029	0,31	0,336	0,016	17	0,618		0,69
020	Фрезерная	0,02	0,29	0,312	0,019	22	0,575		0,668
030	Круглошлифо- вальная (предваритель- ная)	0,106	0,21	0,311	0,018	14	0,513		0,572

Продолжение таблицы 3.6

Режущая часть									
010	Токарная (черновая)	0,132	0,23	0,254	0,015	17	1,255	236	1,444
015	Токарная (черновая)	0,116	0,31	0,423	0,021	17	0,71		0,782
025	Пайка	1	0,37	0,278	0,018	12	1,7		1,75
030	Круглошлифо- вальная (предваритель- ная)	0,884	0,21	0,398	0,024	14	2,06		2,67
035	Круглошлифо- вальная (чистовая)	0,193	0,21	0,282	0,017	14	0,589		0,648
040	Круглошлифо- вальная (чистовая)	0,08	0,21	0,285	0,017	14	0,456		0,545
045	Заточная	0,091	0,41	0,498	0,029	12	0,859		0,91

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика 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 все операций применяют материал вещества – металл и СОЖ, кроме отрезной операции (на которой используют только металл)» [18]

1. «Абразивно-отрезная операции (отрезка) 005 (хвостовая и режущая части) – заготовитель (резчик металла)» [18]
2. «Токарная черновая операция (точение) 010,015 (хвостовая и режущая части) – оператор станка с ЧПУ» [18]
3. «Фрезерная операция (фрезерование) 020 (хвостовая часть) – оператор станка с ЧПУ» [18]
4. «Кругло-шлифовальная операция (круглое шлифование) 030,035 (хвостовая и режущая часть) – шлифовщик» [18]
5. «Шлифовальная операция с ЧПУ (шлифование) 030,040 (режущая часть) – оператор станка с ЧПУ» [18]
6. «Операция пайки трением (пайка) 025 (пайка режущей и хвостовой части) – оператор» [18]
7. «Заточная операция (заточная) 045 (режущая часть) – заточник» [18]

4.2 Идентификация профессиональных рисков

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

Таблица 4.1 – Сводная таблица по данному разделу

№ п/п	«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [19]	«Опасный и /или вредный производственный фактор» [19]	«Источник опасного и /или вредного производственного фактора» [19]
1	2	3	4
1	Отрезная операция 005 (для хвостовой и режущей части)	«Движение механизмов станка; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте» [19]	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)»[19]	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» [19]	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6540

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
4	Круглошлифовальная операция 030, 035 (для хвостовой и режущей части); Шлифовальная операция с ЧПУ 035, 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» [19]	Кругло-шлифовальный станок 3У12; GUHRING НУ535Л; 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» [19]	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» [19]:

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» [19]
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» [19]
3. «Канцерогенные вещества (СОЖ) – Использование веществ в минимальном количестве с автоматическим распылением и доставкой – средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное» [19]
4. «Высокие значения напряжения в электрической цепи станка – изоляция электропроводки, специальное заземляющее покрытие, наличие предохранителей – рукавицы или перчатки прорезиненные» [19]
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» [19]

- б. «Повышенная температура на поверхности оборудования и материалов – использовать СОЖ – рукавицы комбинированные» [19]

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 окр. среды; высокая концентрация токсичных газов; низкий уровень концентрации кислорода; снижение уровня видимости в дыму)»[20]

«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»[21]

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 устройств, которые автоматически оповещают и обнаруживают возгорание.»[20]

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»[20]

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»[22]
- «Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу, образующие сточные воды, забор воды из

источников: применение воды и выброс стружки в гидросистему»[23]

- «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»[24]

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»[25]
- «Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу: предприятию необходимо перейти на замкнутый цикл водоснабжения»[23]
- «Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу: выполнение требований хранения, а так же периодичности вывоза отходов на захоронение»[24]

4.6. Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

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.

Для обеспечения пожарной безопасности мы рассмотрели такой раздел, как идентификация опасных факторов пожара. Где рассмотрели два участка (лезвийной и абразивной обработки) и 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 современном производстве осевые инструменты изготавливают из рабочей и хвостовой частей для уменьшения себестоимости. Она достигается за счет уменьшения объема используемой быстрорежущей стали в рабочей части инструмента, которая является более дорогим материалом, в отличие от конструкционной стали.

В виду того что мы применяем в технологическом процессе пайку трением и аналогов в подобных технологических процессах не существует, то в связи с этим будем проводить экономический расчет по проектируемому процессу, детальное описание которого представлено в главах 1, 2 и 3. Краткое описание техпроцесса:

- Годовая программа выпуска $P_r = 10000$ дет./год, тип производства – среднесерийное;
- Используется станки с ЧПУ для 7 операций, станки без ЧПУ для 6 операций;
- Необходимые оснастка и режущий инструмент были приведены в таблицах 3.5 и 3.6 соответственно;
- Заготовки получены методом проката нормальной точности, масса заготовки для режущей части зенкера $M_{з.р.} = 1,63$ кг, масса хвостовой части $M_{з.х.} = 0,75$ кг;
- Масса детали по чертежу $M_d = 1,25$ кг.

Описанные исходные данные необходимы для того, чтобы определить капитальные вложения в создание данного техпроцесса при использовании методики [27].

Учитывая особенность производства, метода получения заготовки, используемого материала, оборудования и оснастки, проведем расчет технологической себестоимости изготовления зенкера. Структура технологической себестоимости представлена на рисунке 5.1.

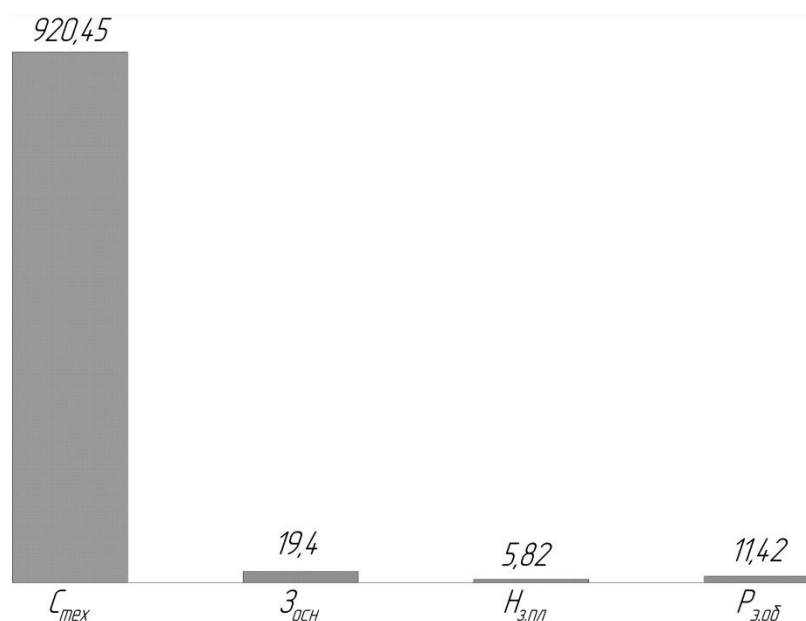


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости, руб.

Полученные значения ложатся в основу расчета полной себестоимости ($C_{полн} = 994,05$ руб.), на базе которой будет рассчитана ожидаемая прибыль, чистая прибыль, а также срок окупаемости капитальных вложений и эффективность предлагаемого технологического процесса.

Так как расчет производится только по проектируемому техпроцессу, поэтому для расчета ожидаемой прибыли будем использовать формулу:

$$П_{ож} = C \cdot R \cdot П_{г} = 1143157,5 \text{ руб.}, \quad (5.1)$$

где C – себестоимость детали;

R – рентабельность производства, которая составляет 25%;

$П_{г}$ – годовая программа выпуска детали.

От полученных результатов вычтем налог на прибыль и получим чистую прибыль, которая составит $П_{чист.} = 914526$ руб. Эта величина позволит окупить капитальные вложения в течении 2 лет.

Учитывая рассчитанные значения, определим эффективность проекта, основными параметрами которой являются:

– Общий дисконтированный доход (Д_{общдиск.}). Для рассматриваемого технологического процесса это величина составит 1119379,82 руб.;

– Чистый дисконтированный доход (ЧДД). В результате проведенного расчета он составляет 198749,95 руб.;

– Индекс доходности (ИД). Согласно выполненным расчетам прибыль на каждый вложенный рубль составит 1,22 руб.

Основываясь на полученных результатах можно сделать вывод о том, что предлагаемый технологический проект является эффективным, так как основной показатель – чистый дисконтированный доход получил положительное значение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении данной бакалаврской работы было предложено заменить сварку трением рабочей и хвостовой частей осевого режущего инструмента и использовать метод пайки трением, благодаря чему улучшается соосность соединяемых заготовок. Для осуществления этого метода необходимо сделать на заготовках дополнительные наружную и внутреннюю проточки на заготовках.

Был проведен анализ теплофизики пайки трением, с помощью которого можно при задании частоты вращения шпинделя оценить время пайки или по заданному времени пайки определить необходимую частоту вращения шпинделя станка для пайки.

Также были получены следующие результаты:

- спроектирован новый технологический процесс изготовления зенкера с применением пайки трением;
- спроектирована наладка на операции пайки трением и шлифовальной операции;
- рассчитаны режимы обработки и нормы времени на технологические операции.

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

Чистый дисконтированный доход составит 198749,95 руб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 12489-71. Зенкеры цельные. Конструкция и размеры. – Введ. 1972-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 25 с.;
- 2 ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. – Введ. 1975-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1973. – 23 с.;
- 3 ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. – Введ. 1973-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1971. – 39 с.;
- 4 ГОСТ 5527-2004. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. – Введ. 2005-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 10 с.;
- 5 Finite element modeling of low speed reaming vibrations with reamer geometry modifications, S. Towfighian, K. Behdinan, M. Papini, Z. Saghir, P. Zalzal, J. de Beer, 15 pages, (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-007-0038-4>);
- 6 Cutting characteristics of twist drill having cutting edges for drilling and reaming, 2014, Masato Okada, Naoki Asakawa, Yusuke Fujita, Makoto Nikawa, 9 pages, (<https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-014-0343-8>);
- 7 Tool point analysis for bending, torsional and axial receptances of tool-holder-spindle assembly, 2016, Yun Yang, Heng Yuan, Min Wan, Weihong Zhang, 4 pages, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116310630>);
- 8 Малышев В.И. Технология изготовления режущего инструмента : учеб. пособие / В.И. Малышев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 368 с.;
- 9 Effect of friction welding parameters on the tensile strength and microstructural properties of dissimilar AISI 1020-ASTM A536 joints, 2015, Radoslaw Winiczenko, 15 pages, (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-015-7751-5>);
- 10 Upset Prediction in Friction Welding Using Radial Basis Function Neural Network, 2013, Wei Liu, Feifan Wang, Xiawei Yang, Wenya Li, 9 pages,

[\(https://www.hindawi.com/journals/amse/2013/196382/\)](https://www.hindawi.com/journals/amse/2013/196382/);

11 Резников А. Н., Резников Л. А. Тепловые процессы в технологических системах: Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения» к «Металлорежущие станки и инструменты». – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.;

12 Козлов А.А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А.А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.;

13 Расторгуев Д.А. Разработка технологической операции: схема базирования и расчет припуска : учеб.-метод. пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 заочн. формы обучения / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 36 с.;

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М. : Машиностроение, 1986 – 656 с.;

15 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.;

16 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М. : Машиностроение, 1985 – 496 с.;

17 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.;

18 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;

19 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»;

20 Постановление правительства Российской Федерации от 26 июня 2013 № 536 «Об Организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте»;

21 Постановление правительства Российской Федерации от 21 декабря 1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности»;

22 Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;

23 «О введение в действие водного кодекса Российской Федерации» от 03.06.2006 №73-ФЗ // Справочно-правовая система «Консультант – Плюс» [Электронный ресурс] / Компания «Консультант – Плюс»;

24 «О введение в действие земельного кодекса Российской Федерации» от 03.07.2016 №137-ФЗ;

25 Федеральный закон от 04.05.1999 №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»;

26 Зубкова Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». – ТГУ. – Тольятти : ТГУ, 2012. - 73 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта технологического процесса

Дубл. Взам. Подп.															3											
А	цех	Уч.	Рм	Опер.	Код, наименование операции	см	Проф.	Р	УТ	КР	КОИ	ЕН	ОП	К шт.	Пл.з	Т шт.										
Б	Код, наименование оборудования																									
A01	XX	XX	XX	035	4130 Кругло-шлифовальная	3	18873	322	10	1	1	1	400	1	14	0.473										
B02	3813IX Круглошлифовальный станок 3У12																									
O03	Шлифовать конусную поверхность хвостовика																									
T04	39284I Центра вращающиеся ГОСТ 7842-75; 397120 Шлифовальный круг 100•25•16 ГОСТ Р 52781-2007; 394210 Индикатор ИЧ ГОСТ 577-68; 393610 Шаблон ГОСТ 2534-79;																									
T05	393121 Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; 393413 Микрометр ГОСТ 6507-60																									
O6																										
A07	XX	XX	XX	040	4130 Кругло-шлифовальная																					
B08	XXXXX	Шлифовальный станок Gühring HУ535Г															3	18873	322	10	1	1	400	1	14	0.361
O09	Шлифовать ленточку																									
T10	396112 Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71; 397120 Шлифовальный круг 100•10•32 ГОСТ Р 52781-2007; 394210 Индикатор ИЧ ГОСТ 577-68;																									
T11	393610 Шаблон ГОСТ 2534-79; 393121 Калибр-скоба ГОСТ 18355-73; 393413 Микрометр ГОСТ 6507-60																									
I2																										
A13	XX	XX	XX	045	4142 Заточная																					
B14	3813IX	Универсально-заточной станок 3672															3	18873	322	10	1	1	400	1	12	0.579
O15	Заточить режущую поверхность																									
T16	396181 Приспособление с цапговыми зажимом ГОСТ 3-3907-77; 397120 Шлифовальный круг 100•15•130 ГОСТ Р 52781-2007; 394210 Индикатор ИЧ ГОСТ 577-68;																									
T17																										
МК	Маршрутная карта																									

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционные карты

