

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных

производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления пуансона прессформы для
изготовления рейки руля

Студент(ка)	<u>Д.Н. Носова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Ю. Воронов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Носова Диана Николаевна. Технологический процесс изготовления пуансона прессформы для изготовления рейки руля. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ, Тольятти, 2019 г.

В бакалаврской работе представлена технология обработки пуансона прессформы для изготовления рейки руля в условиях мелкосерийного производства.

Ключевые слова: данные для проектирования, заготовка, способ изготовления, маршрут обработки, план обработки, технологическое оснащение, режимы обработки, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

При выполнении бакалаврской работы достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;
- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;
- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;
- по третьему разделу – спроектирован специальный инструмент;
- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии;
- по разделу «Заключение» представлены достижения и выводы по данной работе.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 63 страниц, содержащую 16 таблиц, 3 рисунка, и графическую часть, содержащую 7 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	6
1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	7
1.3 Анализ базового варианта техпроцесса	9
1.4 Пути совершенствования технологического процесса	12
2 Разработка технологической части работы.....	14
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	31
3.1 Научные исследования процесса высокоскоростного фрезерования	31
3.2 Схема контроля зубчатого профиля пуансона	37
3.3 Проектирование режущего инструмента	38
3.4 Оптимизация процесса высокоскоростного фрезерования	39
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	43
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	43
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	44
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	46
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	48
4.6 Заключение по разделу.....	49
5 Экономическая эффективность работы.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	61

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в машиностроении основной тенденцией, является снижение стоимости изготовления продукта. Создание средств и технологий, реализующих данную тенденцию, является актуальной задачей современного производства.

На ПАО «АВТОВАЗ», наряду, с выпуском автомобилей разрабатываются и изготавливаются новые автоматические линии, автоматы и специальные станки, которые призваны повышать эффективность производства и качество выпускаемой продукции.

Современная мировая автомобильная промышленность развивается очень быстрыми темпами. ВАЗ одно из немногих предприятий в России, несмотря на целый ряд трудностей, продолжает выпускать автомобили, пользующиеся большим спросом в стране. Основной целью завода для развития и поддержания работы является внедрение в производство современных автомобилей, способных конкурировать не только на российском, но и на мировом уровне. При этом немаловажным является обеспечение высокого качества выпускаемой продукции. В настоящее время завод находится на пути завершения внедрения международной системы качества ИСО-9000. Это является необходимым условием для выхода продукции завода на мировой рынок.

Создание новых переднеприводных автомобилей ВАЗ 2110 , 2123 (Шевроле - Нива), 2118 (Калина) явилось важным шагом на пути решения поставленных задач. Однако, более совершенные, с точки зрения тенденций развития мирового автомобилестроения, модели новых автомобилей сложнее в изготовлении, чем их предшественники, разработанные на базе модели ВАЗ 2101. Усложнена форма многих деталей, увеличено число обрабатываемых поверхностей, повышены требования к их точности и шероховатости.

Тогда, можно цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса изготовления

пуансона прессформы для изготовления рейки руля с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

Деталь «пуансон» является главной составляющей пресс-формы для изготовления рейки руля с переменным шагом на автомобиль 2110. Деталь «пуансон» изготавливается из поковки легированной инструментальной стали 4Х5МФС ГОСТ 5950-73 (размеры 270×110×130 мм).

Таблица 1.1 - Химический состав стали 4Х5МФС ГОСТ5950-73

C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni	Cu	S	P
						Не более			
0,32- 0,4	0,9- 1,2	0,2- 0,5	4,5- 5,5	0,3- 0,5	1,2- 1,5	0,35	0,3	0,03	0,03

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 4Х5МФС ГОСТ 5950-73

t° C	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	Ψ	KCU	HRC
	МПа		%		Дж/см ²	
400	1270	1470	12	49	62	54

Деталь «пуансон» работает в условиях больших нагрузок. Рейку руля с переменным шагом получают методом выдавливания, поэтому поверхность зубчатого профиля пуансона имеет соприкосновение и подвержена износу. Т.к. нагрузка на контактирующую поверхность пуансона велика, то деталь необходимо подвергнуть термообработке с высокой твердостью HRC 54-56 (согласно требований чертежа).

По результатам анализа служебного назначения детали, произведем классификацию поверхностей комплексной детали (таблица 1.3)

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей комплексной детали

№	Виды поверхностей	№ поверхностей
1	ОКБ	1,2,3,4,5
2	ВКБ	7,8,17,18,19,24,25,31,32
3	ИП	13,14,26
4	Свободные	остальные

ОКБ – основные конструкторские базы- поверхности, обеспечивающие строгое положение деталей в узле.

ВКБ – вспомогательные конструкторские базы- поверхности, которые обеспечивают положение других деталей, относительно рассматриваемых.

ИП – исполнительные поверхности, обеспечивающие в процессе работы детали ее функциональное назначение.

В зависимости от конструктивного исполнения предъявляются следующие требования точности к данной детали:

1. Материал стали 4Х5МФС, объемная закалка HRC 54-56
2. Допуск параллельности поверхности 6 относительно базы Б составляет не более 0,03 мм.
3. Допуск формы заданного профиля поверхности 26 составляет 0,1 мм.
4. Допуск наклона поверхности 26 относительно базы Б составляет 0,02 мм.

Эскиз детали – пуансон представлен на рисунке 1.1.

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «пуансон» имеет достаточную жесткость и прочность, что позволяет повысить режимы обработки в условиях, исключающих возникновение вибрации. Наружные поверхности имеют открытую форму, обеспечивающие возможность обработки на проход. Для данной детали предусмотрен удобный подвод режущего инструмента к обрабатываемой поверхности и свободный выход инструмента режущего инструмента при

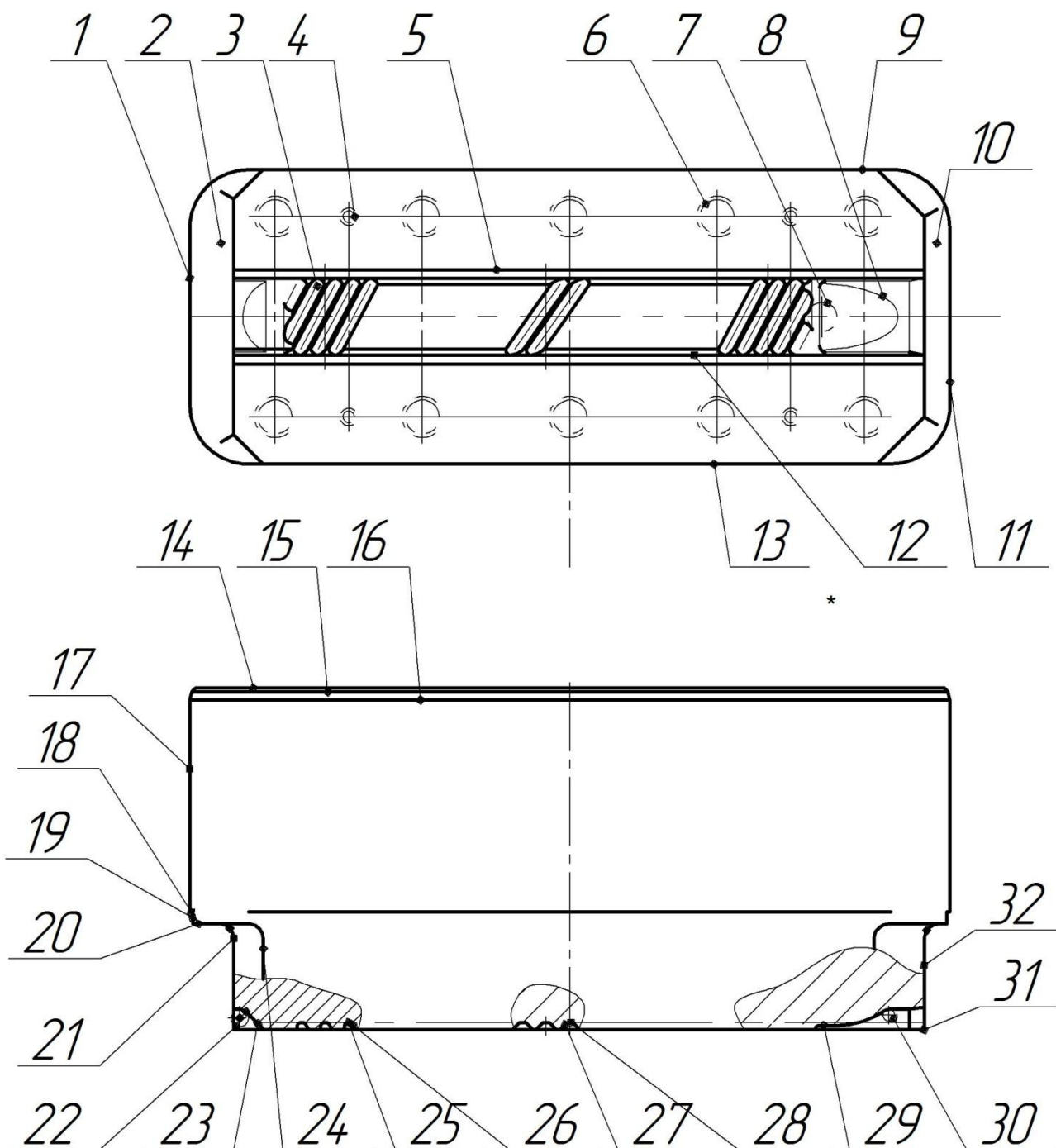


Рисунок 1.1 - Эскиз детали – «Пуансон»

обработки на проход.

Зубчатый профиль детали «пуансон» изготавливается методом электроэрозионной обработки электродами в три приема: черновым электродом, получистовым электродом и чистовым электродом. Наружние

поверхности предварительно можно обработать торцовыми фрезами и концевыми радиусными фрезами. Внутренние отверстия обрабатываются концевыми фрезами и спиральным сверлом.

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

В существующем технологическом процессе изготовление детали «пуансон» производится из стандартной поковки стали марки 4Х5МФС по ГОСТ 5950-73, которые поставляются заводом “Электросталь” (код поковки 93272123270542, размеры 270×110×130 мм).

Существующий технологический процесс изготовления детали включает в себя три этапа обработки: черновой (обдирочная операция), получистовой (обработка под термическую обработку) и чистовой.

Заготовки, поставляемые заводом “Электросталь” , поступают на склад литья, штамповок и поковок, а затем они поставляются на механический участок для обработки.

На первом этапе производится черновая обработка. На фрезерном станке модели 6Т13 обрабатываются все основные базовые поверхности в размер 258,7×100,7×118 мм с припуском на шлифовку. Затем на станке модели FP2 DECKEL фрезеруются уступы 8,75 мм и 15 мм с припуском на шлифовку до размера 80,35 мм, фрезеруются фаски и карманы. На вертикально-сверлильном станке модели 2Н118 обрабатываются отверстия и нарезается резьба М14 и М6.

На втором этапе производится получистовая обработка, фрезеруются скосы под углом 5° с 2^х сторон с припуском на шлифовку. После этого заготовку отправляют в термический цех. Здесь производится закалка заготовки для улучшения структуры металла. После этой операции заготовки снова поступают на механический участок для дальнейшей механической обработки, где происходит окончательная обработка некоторых поверхностей. Затем производят последний этап обработки – электроэрозионная, к которой предъявляются высокие требования.

005 Фрезерная

Обработка ведется на фрезерном станке модели 6Т13, фрезеруются шесть сторон в размер 258,7×100,7×118 мм с припуском на шлифовку.

010 Плоскошлифовальная

Обработка ведется на плоскошлифовальном станке модели 3Б722, шлифуются габариты шести сторон предварительно.

015 Фрезерная

Обработка ведется на фрезерном станке модели FP2 DECKEL , деталь устанавливается в тиски и фрезеруются уступы 8,75 мм и 15 мм с припуском на шлифовку до размера 80,35 мм.

020 Фрезерная

На этом же станке (FP2 DECKEL) с переустановом, обрабатываются фаски до размера 10,35мм и 16,35 мм, деталь также закрепляется в тиски.

025 Фрезерная

Обработка ведется на этом же станке (FP2 DECKEL) с переустановом, фрезеруются карманы в размер 11,65 мм и 2,04 мм, учитывая припуск на шлифовку по размеру 109,53 мм.

030 Фрезерная

Обработка ведется на этом же станке (FP2 DECKEL) с переустановом, фрезеруются фаски под углом 15° и 45° окончательно. Деталь закрепляется в тиски.

035 Координатно- расточная

Обработка ведется на станке модели MP2P, производится разметка 10 отверстий под М14, 4 отверстий под М6 и 1 отверстие Ø 10 мм. Деталь устанавливается в тиски.

040 Фрезерная

Обработка ведется на фрезерном станке модели FP2 DECKEL, фрезеруется R20 в четырех углах.

045 Сверлильная

Обработка ведется на вертикально-сверлильном станке модели 2Н118, рассверливаются 10 отверстий под М14, 4 отверстия под М6 и 1 отверстие Ø

10 мм. Нарезается резьба М14, М6. Деталь закрепляется в тиски.

050 Фрезерная

Обработка ведется на фрезерном станке модели FP2 DECKEL. Заготовка устанавливается в специальное приспособление, фрезеруются скосы под углом 5° с 2^x сторон с припуском на шлифовку.

055 Закалка

Термообработка производится согласно ТТД 255 (HRC 54-56)

060 Плоскошлифовальная

Обработка ведется на плоскошлифовальном станке модели ЗБ722. Заготовка устанавливается на магнитную плиту, шлифуются плоскости до размера 100 мм, 117,23 мм, 258 мм окончательно.

065 Плоскошлифовальная

Обработка ведется на плоскошлифовальном станке модели ЗГ71, заготовка устанавливается на магнитную плиту, шлифуются занижение размеров 8,75 мм и 15 мм, выдержав размер 80 мм, занижение 0,02-0,04 мм.

070 Электроэрозионная (черновая)

Электроэрозионная обработка профиля пуансона производится черновым электродом 87507905478Д. Заготовка закрепляется в специальное приспособление для поворота при прожиге.

075 Электроэрозионная (получистовая)

Электроэрозионная обработка профиля пуансона производится получистовым электродом 8750790547801Д. Заготовка закрепляется в специальное приспособление для поворота при прожиге.

080 Электроэрозионная (чистовая)

Электроэрозионная обработка профиля пуансона производится чистовым электродом 8750790547802Д. Заготовка закрепляется в специальное приспособление для поворота при прожиге.

085 Плоскошлифовальная

Обработка ведется на плоскошлифовальном станке модели ЗБ722. Заготовка закрепляется в специальном приспособлении. Шлифуется

плоскость под углом 5° с 2^x сторон окончательно.

090 Слесарная

Зачистить, довести и полировать профиль зубьев окончательно.

Механическая обработка детали происходит на универсальном оборудовании с использованием универсального режущего инструмента.

1.4 Пути совершенствования технологического процесса

Основной задачей в бакалаврской работе является усовершенствование технологического процесса изготовления детали «пуансон» на рейку руля с переменным шагом для автомобиля 2110.

В базовом варианте обработка зубчатого профиля пуансона производится методом электроэрозионной обработки путем прожига тремя электродами (черновым, получистовым и чистовым). Чтобы изготовить зубчатый профиль пуансона, необходимо изготовление трех медных электродов. Электроды изготавливаются методом высокоскоростного фрезерования на обрабатывающем центре HSM 700. Это трудоемкая и дорогостоящая работа, которая приводит к увеличению $T_{шт-к}$ времени на обработку и к большей себестоимости изготовления изделия.

В предлагаемом технологическом варианте вместо электроэрозионной обработки вводится высокоскоростная фрезерная обработка зубчатого профиля самого пуансона. Применение высокоскоростного фрезерования позволяет уменьшить $T_{шт-к}$ время на изготовление и уменьшение себестоимости изготовления изделия. Высокоскоростное фрезерование пуансона будет выполняться на обрабатывающем центре HSM 700 МИКРОН. Для обработки детали применяем 2^x перьевые концевые фрезы, имеющие сферический торец. Фрезы изготовлены из специальных марок твердого сплава, с большим сопротивлением к износу и большой прочностью. Фрезы имеют покрытие Ti-NAMITE-A, которое увеличивает тепло- и износостойкость, удлиненный хвостовик имеет лучший доступ к обрабатываемой поверхности. Также проведем научные исследования процесса высокоскоростное фрезерование.

Предложенные пути совершенствования техпроцесса позволяет повысить производительность труда, обеспечивает высокое качество обрабатываемых деталей, снижает трудоемкость детали.

2 Разработка технологической части работы

Для определения типа производства воспользуемся исходными данными:

Годовая программа изделий $N = 50$ шт.

Масса детали $m = 22,45$ кг

Выбор типа производства для детали «пуансон» производим по таблице 2.1:

Таблица 2.1 - Выбор типа производства

Тип/масса	Е	МС	СС	КС	М
Св.30 кг	До 5	5...150	150...300	300...1000	Св. 1000
8...30 кг	До 10	10...200	200...500	500...5000	Св. 5000
До 8 кг	До 100	100...500	500...5000	5000...50000	Св. 50000

На основании табличных данных принимаем мелкосерийное производство. Мелкосерийное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и выпуска продукции.

Обработка деталей производится преимущественно на универсальном оборудовании с применением универсальных, нормализованных и специальных приспособлений и инструментов.

В данной бакалаврской работе необходимо получить заготовку для детали «пуансон» из легированной стали марки 4Х5МФС ГОСТ 5950-73.

Учитывая годовую программу выпуска деталей – 50 штук и выбранный нами тип производства – мелкосерийный, рассмотрим два способа получения заготовки на деталь «пуансон».

1 способ – использование поковки по ГОСТ 5950-73.

2 способ – получение заготовки на паровоздушном молоте.

Для уменьшения отходов металла желательно заготовкам придать наиболее простую форму, ограниченную плоскими поверхностями. Рассчитаем вес детали «пуансон».

Определяем объем детали:

$$V_d = V_1 - V_2 - V_3 - 4V_4 - 10V_5 - 4V_6 - V_7 \quad (2.1)$$

, где $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7$ - элементарные объемы частей детали.

$$V_1 = V_2 = V_3 = h \times P \quad (2.2)$$

, где h – высота, P - площадь поверхности. Тогда:

$$V_1 = 117,23 \times 258 \times 100 = 3018600 \text{ (мм}^3\text{)}$$

$$V_2 = 37 \times 8,75 \times 64 = 20720 \text{ (мм}^3\text{)}$$

$$V_3 = 37 \times 15 \times 80 = 44400 \text{ (мм}^3\text{)}$$

, если a и b катеты треугольника $a=b=15$ (мм), l - высота, $l=80$ (мм), тогда:

$$V_4 = a \times b / 2 \times l = 15 \times 15 / 2 \times 80 = 9000 \text{ (мм)} \quad (2.3)$$

$$V_{5,6,7} = \pi \times d^2 / 4 \times l, \quad (2.4)$$

где d - диаметр отверстия, $d=14$ (мм)

l - длина отверстия, $l=36$ (мм), тогда

$$V_5 = 3,14 \times 14^2 / 4 \times 36 = 5538,96 \text{ (мм)}$$

, где для V_6 d - диаметр отверстия, $d=6$ (мм)

l - длина отверстия, $l=8$ (мм)

$$V_6 = 3,14 \times 6^2 / 4 \times 8 = 226,08 \text{ (мм)}$$

, где для V_7 d - диаметр отверстия, $d=10$ (мм)

l - длина отверстия, $l=12$ (мм)

$$V_7=3,14 \times 10^2 / 4 \times 12 = 942 \text{ (мм)}$$

Тогда, общий объем

$$V_d = 3018600 - 20720 - 44400 - 4 \times 9000 - 10 \times 5538,96 - 4 \times 226,08 - 942 = 2860244,08 \text{ (мм}^3\text{)} \approx 0,00286 \text{ (м}^3\text{)}$$

Определяем массу детали:

$$m_d = V_d \times \rho, \quad (2.5)$$

где $\rho = 7,85 \times 10^3 \text{ (кг/м}^3\text{)}$ – плотность стали

$$m_d = 0,00286 \times 7,85 \times 10^3 = 22,45 \text{ (кг)}$$

1 способ: Использование поковки по ГОСТ 5950-73.

Легированная инструментальная сталь марки 4Х5МФС ГОСТ 5950-73 поставляется заводом “Электросталь” по стандарту предприятия. поставляется поковка (код 93272123270542, размеры 270×110×130

Рассчитаем объем заготовки:

$$V_3 = V_n + V_y + V_o \text{ (мм}^3\text{)}, \quad (2.6)$$

где V_n – объем поковки

V_y – объем угара

V_o – объем облоя

$$V_{\pi} = 270 \times 110 \times 130 = 3861000 \text{ (мм}^3\text{)}$$

$$V_y = V_{\pi} / 100 \times 0,5 = 3861000 / 100 \times 0,5 = 19305 \text{ (мм}^3\text{)} \quad (2.7)$$

$$V_o = \varepsilon \times F_m \times (P_{\pi} + \varepsilon \times \pi \times l) \quad (2.8)$$

где $\varepsilon=2$ - коэффициент, учитывающий изменение фактической площади сечения получаемого облоя по сравнению с площадью сечения мостика.

F_m – площадь поперечного сечения мостика.

P_{π} – периметр поковки

l – ширина мостика облойной канавки.

$$F_m = h_0 \times l \text{ (мм}^2\text{)}, \text{ где} \quad (2.9)$$

$$h_0 = C_0 \times \sqrt{F_{\pi}}, \quad (2.10)$$

где $C_0=0,013$

$$F_{\pi} = 270 \times 130 = 35100 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$h_0 = 0,013 \times \sqrt{35100} = 2,4 \text{ (мм)}$$

Размеры канавки для облоя:

$$l=5; h=6; R=20; r=1,5(8\dots 20)$$

$$F_m = 2,4 \times 5 = 12 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$P_{\pi} = 270 \times 2 + 130 \times 2 = 800 \text{ (мм)}$$

$$V_o = 2 \times 12(800 + 2 \times 3,14 \times 5) = 19953,6 \text{ (мм}^3\text{)}$$

$$V_3 = 3861000 + 19305 + 19953,6 = 3900258,6 \text{ (мм}^3\text{)} \approx 0,0039 \text{ (м}^3\text{)}$$

Определяем массу заготовки:

$$m_3 = V_3 \times \rho = 0,0039 \times 7,85 \times 10^3 = 30,6 \text{ (кг)}$$

Рассчитываем коэффициент использования материала:

$$K_M = m_d / m_3 \quad (2.11)$$

$$K_M = 22,45 / 30,6 = 0,73$$

2 способ: Получение заготовки на штамповочно паровоздушном молоте.

Припуск и допуск на заготовку при ковке на молотах устанавливаем по ГОСТ – 7829-70. Назначаем припуск на сторону 4,25 мм (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Припуски и допуски на заготовку

Номинальный Размер (мм)	Припуск (мм)	Допуск (мм)	Операционный размер (мм)
258	4,25	+3,6 -2,5	266,5 ^{+3,6} -2,5
117,23	4,25	+3,2 -1,6	125,73 ^{+3,2} -1,6
100	4,25	+2,8 -1,4	108,5 ^{+2,8} -1,4

Объем заготовки определим по приведенным ниже зависимостям:

$$V_3 = V_{\Pi} + V_y + V_o \quad (\text{мм}^3), \quad (2.12)$$

где V_{Π} – объем поковки

V_y – объем угара

V_o – объем облоя

Тогда:

$$V_{\Pi} = 266,5 \times 108,5 \times 125,73 = 3635514,4 \quad (\text{мм}^3)$$

$$V_y = V_{\Pi} / 100 \times 0,5 \quad (2.13)$$

$$V_y = 3635514,4/100 \times 0,5 = 18177,5 \text{ (мм}^3\text{)}$$

$$V_o = \varepsilon \times F_M \times (P_{\Pi} + \varepsilon \times \pi \times l) \quad (2.14)$$

где $\varepsilon=2$ - коэффициент, учитывающий изменение фактической площади сечения получаемого облоя по сравнению с площадью сечения мостика.

F_M – площадь поперечного сечения мостика.

P_{Π} – периметр поковки

l - ширина мостика облойной канавки.

$$F_M = h_0 \times l \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (2.15)$$

$$h_0 = C_0 \times \sqrt{F_{\Pi}}, \text{ где} \quad (2.16)$$

где $C_0=0,013$

$$F_{\Pi} = 266,5 \times 125,73 = 33507 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$h_0 = 0,013 \times \sqrt{33507} = 2,4 \text{ (мм)}$$

Размеры канавки для облоя:

$$l=5; h=6; R=20; r=1,5(8 \dots 20)$$

$$F_M = 2,4 \times 5 = 12 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$P_{\Pi} = 266,5 \times 2 + 125,73 \times 2 = 784,46 \text{ (мм)}$$

$$V_o = 2 \times 12(784,46 + 2 \times 3,14 \times 5) = 19580,6 \text{ (мм}^3\text{)}$$

$$V_3 = 3635514,4 + 18177,5 + 19580,6 = 3673272,5 \text{ (мм}^3\text{)} \approx 0,00367 \text{ (м}^3\text{)}$$

Определяем массу заготовки:

$$m_3 = V_3 \times \rho = 0,00367 \times 7,85 \times 10^3 = 28,8 \text{ (кг)}$$

Рассчитываем коэффициент использования материала:

$$K_M = m_d / m_3 \quad (2.17)$$

$$K_M = 22,45 / 28,8 = 0,78$$

Определяем затраты на механическую обработку, отнесенные на 1 кг стружки:

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \times C_k \quad (\text{руб/ кг}), \quad (2.18)$$

где $C_c = 22,1$ –затраты на 1кг стружки

$E_n = 0,2$ –коэффициент эффективности капитальных вложений

$C_k = 48,4$ – капитальные затраты на 1 кг стружки. Тогда:

$$C_{\text{мех}} = 22,1 + 0,2 \times 48,4 = 31,78 \text{ руб/ кг}$$

Определяем стоимость 1 кг заготовки:

$$C_3 = C_{\text{шт}} \times h_T \times h_c \times h_B \times h_M \times h_P \quad (\text{руб}) \quad (2.19)$$

где $C_{\text{шт}} = 77,43$ руб- стоимость 1 кг штампованных заготовок из легированной инструментальной стали 4X5MΦС.

$h_T = 1$ – коэффициент, зависящий от класса точности

$h_c = 0,81$ – от группы сложности

$h_B = 0,8$ – от массы заготовки

$h_M = 1,98$ – от марки материала

$h_P = 0,8$ - от объема производства

$$C_3 = 77,43 \times 1 \times 0,81 \times 0,8 \times 1,98 \times 0,8 = 79,5 \text{ руб.}$$

Определяем технологическую стоимость изготовления детали из заготовки, полученной с завода “Электросталь”:

$$C_{T1} = m_d / K_M \times [C_3 + (C_{\text{мех}} - C_{\text{отх}}) \times (1 - K_M)] \quad (2.20)$$

где $C_{\text{отх}} = 1,33$ – цена 1кг отходов легированной стали.

$$C_{T1} = 22,45 / 0,73 \times [79,5 + (31,78 - 1,33) \times (1 - 0,73)] = 2697,4 \text{ руб.}$$

Определяем технологическую стоимость изготовления детали, полученной методомковки на паровоздушном молоте:

$$C_{T1}=22,45/0,78 \times [79,5+(31,78-1,33) \times (1-0,78)] = 2480,8 \text{ руб.}$$

Тогда, сравнительный эффект применения одного способа по сравнению с другим найдем как:

$$\mathcal{E}_r = (C_1 - C_2) \times N, \text{ где} \quad (2.21)$$

где N- годовая программа. Тогда:

$$\mathcal{E}_r = (2697,4 - 2480,8) \times 50 = 10830 \text{ (руб)}$$

Вывод: для дальнейшей разработки следует выбрать вариант получения заготовки методомковки на паровоздушном молоте. Сравнительные данные сведем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Сравнительные данные на заготовку

Наименование показателей	Вариант	
	“Электросталь”	На молоте
Вид заготовки	Поковка 270×110×130	Поковка 266,5×108,5×125,73
Группа сложности	1	1
Масса заготовки	30,6(кг)	28,8(кг)
Стоимость 1 кг металла	77,43(руб)	77,43(руб)
Затраты на заготовку	2697,4(руб)	2480,8(руб)
Годовой эффект	10830 (руб)	

По предлагаемому технологическому процессу, заготовки на деталь «пуансон» получают методомковки на паровоздушном молоте. Большое влияние на процессковки заготовок и их качество оказывают степень

деформации, температурный режим нагрева и скорость истечения металла. Получаемая в процессековки заготовка для детали «пуансон» имеет минимальные припуски на обработку поверхностей, что снижает расход металла и трудоемкость изготовления. Заготовки подаются на механический участок на получистовую фрезерную обработку.

Заготовка устанавливается в тиски, технологической базой для установки является поверхность (рисунок 1.1) 1,2,3,4,5, которые имеют значительную протяженность, являются относительно ровными и обеспечивают удобную установку заготовки в приспособлении. Обработка ведется на фрезерном станке модели 6Т13 с переустановкой заготовки, фрезерование шести сторон выполняется с припуском на шлифовку. Затем, на фрезерном станке модели FP2 выполняются: фрезерование уступов 8,75мм и 15мм; фрезерование фасок 10мм и 16мм; фрезерование фасок под углом 15° и 45°; фрезерование карманов 11,65мм и 2,0 мм. Здесь также технологическими базами являются поверхности 1,2,3,4,5 (рисунок 1.1).

Сверление 10 отверстий под М14, 4 отверстий под М6 и 1 отверстие Ø10мм производится на вертикально – сверлильном станке 2Н118. Деталь устанавливается на столе станка и крепится при помощи специального приспособления для быстрого зажима. Технологической базой является поверхность 6 (рисунок 1.1)

Фрезерование зубчатого профиля пуансона является самой ответственной операцией технологического процесса изготовления детали. Пуансон закрепляется в пневматических тисках, технологической базой являются поверхности 1,4,5 (рисунок 1.1), фрезерование выполняется на обрабатывающем центре HSM 700. Зубчатый профиль пуансона выполняется по математической модели.

При чистовой обработке также соблюдается принцип совмещения баз.

По технологическому маршруту обработки составляется план обработки с указанием следующих сведений:

- № операции;
- название операции;
- наименование и модель станка;

- схема базирования;
- допуски и технические требования.

План обработки представлен на чертеже в графической части бакалаврской работы.

Таблица 2.4 – Содержания операций технологического процесса

№ оп.	Название операции	№ обрабатываемых поверхностей	IT	Ra	Модель станка
000	Заготовительная		17	100	
005	Фрезерная	1,2,3,4,5,6	10	6,3	6T13
010	Плоскошлиф.(чер)	1,2,3,4,5,6	9	3,2	ЗБ722
015	Фрезерная	7,8	10	6,3	FP2
020	Фрезерная	9,10,11,12	10	6,3	FP2
025	Фрезерная	13,14	10	6,3	FP2
030	Фрезерная	15,16	10	6,3	FP2
035	Координатно-расточная	17,18,19	12	12,5	MP2P
040	Фрезерная	20,21,22,23	10	6,3	FP2
045	Сверлильная	17,18,19	12	12,5	2Н118
050	Фрезерная	24,25	10	6,3	FP2
055	Термическая (закалка)				
060	Плоскошлиф. (чист)	1,2,3,4,5,6	7	1,25	ЗБ722
065	Плоскошлиф. (чист)	7,8,27,28,29,30	7	1,25	ЗГ71
070	Фрезерная	26	6	0,63	HSM 700
075	Плоскошлиф. (чист)	24,25	7	1,25	ЗБ722
080	Слесарная (полиров.)	26			
085	Маркировочная				
090	Контрольная				
095	Консервация				

На операции 070 (высокоскоростное фрезерование) применяется обрабатывающий центр HSM 700 МИКРОН. На данном оборудовании охлаждение при резании происходит распылением. Основывается это на

методе целенаправленного нанесения микронного слоя смазки. Под большим давлением материал смазки в смесительных двухкомпонентных соплах разлагается на невидимые частицы и микронная пленка с большей скоростью потока целенаправленно наносится в контактной зоне инструмента. Величина потока и распылительный воздух могут регулироваться индивидуально для каждого сопла в отдельности. Система полностью встроена в станке и управляется посредством M-функций.

На обрабатывающем центре HSM 700 установлен инфракрасный установочный щуп MP 700. Инфракрасный щуп необходим для выставления детали. Сигналы между измерительным щупом и системой управления станка передаются посредством двух оптических модулей: модуля со стороны измерительного щупа и со стороны станка, а также интерфейса. Измерительный щуп можно сменить вручную или посредством устройства смены инструмента. В управлении заложены определенные измерительные циклы для щупа. Принятые нулевые точки могут быть записаны в таблице начала отсчета. В этой таблице можно заложить 50 нулевых точек, которые активируются командой или NC- программой.

Станок HSM 700 оборудован системой модульного оснащения инструментом. Основываясь на принципе захвата, предварительно заполненный вне станка дисковый магазин с 12 ячейками для инструмента. Доступ к устройству смены инструмента обеспечивается через удобную поворотную дверь на левой стороне станка. Система управления может управлять до 48 инструментами, причем инструмент меняется в автоматическом режиме. Данные по средствам оснащения представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Средства технологического оснащения

№ опер.	Наименование оборудования	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
005 Фрезер.	Вертикально-фрезерный станок модели 6Т13.	Станочные тиски с пневмоприводом.	Торцовая фреза со вставными ножами Т5К10 ГОСТ 24359-80, Ø160мм, Z=10.	Штангенциркуль ШЦ-II.
010 Плоскошлиф.	Плоскошлифовальный станок с крестовым столом модели 3Б722	Магнитная плита ГОСТ-16528-81.	Шлифовальный круг ПП25А40ПМ37К5 Ø450мм, Ø250мм Н=63 мм	Штангенциркуль ШЦ-II.
015;020; 025; 030 Фрезер.	Вертикально-фрезерн. станок модели FP2 DECKEL	Станочные тиски с ручным приводом	Концевая радиусная фреза Р18Ф, Ø25 мм, Z=4; Концевая фреза с цилиндрическ. хвостовиком ГОСТ 17025-71, Р18, Ø25мм, Z=6 Концевая фреза Ø20мм, Z=4 угол наклона канавок 45 ⁰ , Р6М5 Концевая фреза Ø18мм, Z=6 угол наклона канавок 15 ⁰ , Р6М5	Штангенциркуль ШЦ-II.
035 Коорд. расточ.	Координатно-расточной станок модели МР2Р	Станочные тиски с ручным приводом	Спиральное сверло Р18, Ø14 мм, L=115 ГОСТ 4010-77	

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
040 Фрезер.	Вертикально-фрезерн. станок модели FP2 DECKEL	Станочные тиски с ручным приводом	Концевая фреза P18Ф, Ø60 мм, Z=8, R21,75 мм	
045 Сверл.	Вертикально-сверлильный станок модели 2Н118	Станочные тиски с ручным приводом	Спиральное сверло P18, Ø10 мм; ГОСТ 4010 – 77 Спиральное сверло Ø12 мм; P18 ГОСТ 4010-77 Спиральное сверло P18, Ø5 ГОСТ 4010-77 Машин. метчик ГОСТ 3266-81 M14; M6	Штангенциркуль ШЦ-П. Пробка резьбовая M14, M6
050 Фрезер.	Вертикально-фрезерн. станок модели FP2 DECKEL	Станочные тиски с ручным приводом	Торцовая фреза со вставными ножами T5K10, Ø50мм, Z=4.	Угломер, штангенциркуль ШЦ- П.
060 Плоско-шлиф.	Плоскошлифовальный станок с крестовым столом модели 3Б722	Магнитная плита ГОСТ-16528-81.	Шлифовальный круг ПП25А40ПМ37К5 Ø450мм, Ø250мм Н=63 мм	Штанген – циркуль ШЦ-П.
065 Плоско-шлиф.	Плоскошлифовальный станок с крестовым столом модели 3Г71	Магнитная плита ГОСТ-16528-81.	Шлифовальный круг ПП25А40ПМ37К5 Ø250мм, Ø76мм Н=40 мм	Штанген – циркуль ШЦ-П.

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
070 Фрезер.	Обрабатывающий центр HSM 700 МИКРОН	Станочные тиски с пневмоприво- дом. Цангов. зажимн патрон с конич. полым хвостов. HSK.	Концевая сферическая фреза с TiAlN – покрытием Ø6 мм, Z=2 Ø3 мм, Z=2 Ø2 мм, Z=2 Ø1,5 мм, Z=2	Спец. контрол. оборуд. “Leitz Cygnus X 1086”
075 Плоско- шлиф.	Плоскошлифовальный станок с крестовым столом модели 3Б722	Специальное приспособление для шлифования плоскости под углом 5°	Шлифовальный круг ПП25А40ПМ37К5 Ø450мм, Ø250мм Н=63 мм	Угломер, штангенциркуль ШЦ-П.

Структура операции, технологического процесса представлена ниже.

005 Фрезерная

Станок консольный вертикально-фрезерный модели 6Т13.

Фрезерование габаритов 6-ти сторон заготовки.

Принимаем торцовую насадную фрезу со вставными ножами ГОСТ 24359-80, марка материала режущей части – Т5К10.

Диаметр торцовой фрезы выбираем в зависимости от ширины фрезеруемой поверхности:

Ø=160 мм, число зубьев Z=10, L=60мм (1. т.2 с.187)

010 Плоскошлифовальная (черн.)

Станок плоскошлифовальный модели 3Б722.

Шлифование габаритов 6-ти сторон методом продольной подачи.

Выбираем шлифовальный круг ПП 25А40ПМ37К5.

015 Фрезерная

Вертикально-фрезерный станок модели FP2 DECKEL.

Фрезерование уступов с припуском на шлифовку.

Принимаем концевую радиусную фрезу (875-2265-0046) , материал – P18Ф:

Ø=25мм, число зубьев Z=4, L=170мм

020 Фрезерная

Вертикально-фрезерный станок модели FP2 DECKEL.

Фрезерование фасок.

Принимаем концевую радиусную фрезу (875-2265-0046) , материал P18Ф:

Ø=25мм, число зубьев Z=4, L=170мм

025 Фрезерная

Вертикально-фрезерный станок модели FP2 DECKEL.

Фрезерование карманов, учитывая припуск на шлифовку.

Принимаем концевую фрезу с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 17025-71, материал – P18:

Ø= 25мм, L=121мм, $l_p=45$ мм, число зубьев Z=6

030 Фрезерная

Вертикально-фрезерный станок модели FP2 DECKEL.

Фрезерование фасок окончательно.

Принимаем концевые фрезы , материал – P6M5:

Ø=20мм, число зубьев Z=4, угол наклона канавок 45°

Ø=18мм, число зубьев Z=6, угол наклона канавок 15°

035 Координатно-расточная

Координатно-расточной станок модели MP2P.

Наметить 10 отверстий под M14, 4 отверстия под M6, 1 отверстие Ø10 мм.

Принимаем спиральное сверло ГОСТ 4010-77, материал – P18:

Ø=14мм, L=115мм, $l_p=58$ мм

040 Фрезерная

Вертикально-фрезерный станок модели FP2 DECKEL.

Фрезерование R20 в 4^x углах.

Принимаем концевую фрезу (875-2265-0171), материал P18Ф:

Ø=60мм, R=21,65мм, L=170мм, $l_p=43$ мм, число зубьев Z=8

045 Сверлильная

Вертикально-сверлильный станок модели 2Н118.

Обработка 10 отверстий под М14, 4^х отверстий под М6, 1 отверстие Ø10мм.

Принимаем:

1) Спиральное сверло ГОСТ 4010-77, материал – Р18

Ø=10 мм, L=70мм,

2) Спиральное сверло ГОСТ 4010-77, материал – Р18

Ø=12 мм, L=110мм,

3) Спиральное сверло ГОСТ 4010-77, материал – Р18

Ø=5 мм, L=50мм, l_p=25мм

Нарезается резьба М14 и М6:

Применяем машинный метчик для метрической резьбы ГОСТ 3266-81:

1) М14, Р=2 (шаг), L=95мм, l_p=30мм

2) М6, Р=1,5 (шаг), L=66мм, l_p=19мм

Рабочая часть метчика – Р6М5.

050 Фрезерная

Вертикально-фрезерный станок модели FP2 DECKEL.

Фрезеруются скосы под углом 5⁰ с 2^х сторон с припуском на шлифовку.

Принимаем торцовую фрезу, материал – Т5К10:

Ø=50мм, число зубьев Z=4

055 Закалка

HRC 54-56

060 Плоскошлифовальная (чист.)

Станок плоскошлифовальный модели ЗБ722.

Шлифование габаритов 6-ти сторон методом продольной подачи.

Выбираем шлифовальный круг ПП 25А40ПМ37К5.

065 Плоскошлифовальная (чист.)

Станок плоскошлифовальный модели ЗГ71.

Шлифование занижения размеров 8,75мм и 15мм, выдержав размер 80мм и занижение 0,02-0,04мм.

Выбираем шлифовальный круг ПП 25А40ПМ37К5.

070 Фрезерная (чист.) (высокоскоростная)

Станок – обрабатывающий центр с ЧПУ HSM 700 фирмы МИКРОН.
Фрезерование по математической модели зубчатого профиля пуансона.
Принимаем концевые 2^x перьевые фрезы со сферическим концом.
Фрезы изготавливаются из специальных марок твердого сплава, имеют покрытие Ti-NAMITE-A:

- 1) концевая фреза $\varnothing=6\text{мм}$, $L=65\text{мм}$, $l_p=6\text{мм}$, $Z=2$
- 2) концевая фреза $\varnothing=3\text{мм}$, $L=60\text{мм}$, $l_p=3\text{мм}$, $Z=2$
- 3) концевая фреза $\varnothing=2\text{мм}$, $L=60\text{мм}$, $l_p=2\text{мм}$, $Z=2$
- 4) концевая фреза $\varnothing=1,5\text{мм}$, $L=60\text{мм}$, $l_p=1,5\text{мм}$, $Z=2$

Угол наклона спирали 30^0

075 Плоскошлифовальная (чист.)

Станок плоскошлифовальный модели ЗБ722.

Шлифуются плоскости под углом 5^0 с 2^x сторон.

Выбираем шлифовальный круг ПП 25А40ПМ37К5.

080 Слесарная (полиров.)

Зачистка, доводка, полировать профиль зубьев.

Полировка производится ручной полировальной машинкой Diprofil FMB/2 2113.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1. Исследования процесса высокоскоростного фрезерования.

Во многих областях машиностроения, в частности в автомобильной и аэрокосмической отрасли промышленности все чаще применяются материалы, сделанные специально для получения определенных свойств, таких как износостойкость, коррозионная устойчивость, высокая термическая и механическая стойкость, низкая плотность. Такие свойства имеют следующие материалы: нержавеющие и высоколегированные стали, вермикулярные чугуны, материалы на основе алюминия для облегченных конструкций, материалы усиленные стекловолокном и частицами, комбинированные сэндвичевые материалы из легких материалов, а также сплавы на базе никеля и титана. Изготовление деталей из указанных материалов требует специальных технологических приемов. Первые эксперименты, связанные с внедрением этих приемов, показали, что целесообразно использовать высокоскоростную обработку HSC (High Speed Cutting).

Одной из основных целей применения высокоскоростной обработки HSM является сокращение производственных расходов за счет повышения производительности обработки, в особенности при выполнении чистовых операций и при обработке закаленных инструментальных сталей. Другая цель заключается в повышении конкурентоспособности предприятия за счет сокращения длительности циклов изготовления и сроков поставки продукции.

В производстве пресс-форм и штампов, где требуется изготовление сложных форм поверхности, методами HSC уменьшают расстояние между двумя параллельными, расположенными рядом друг с другом траекториями. Это позволяет при одинаковом основном машинном времени избежать последующей доводки и тем самым снизить расходы. Из-за отсутствия проблемы теплопровода при HSC, упрощается выполнение требований к

экологической безопасности путем уменьшения объемов СОЖ, а в ряде случаев - и полного отказа от ее использования.

Высокая геометрическая точность, достигаемая при обработке штампов и форм, облегчает и ускоряет их последующую сборку. Ни один станочник самой высокой квалификации, не способен конкурировать по чистоте и точности обработанных поверхностей со станками с ЧПУ. Хотя на обработку деталей может быть затрачено немного больше времени, но самым радикальным образом снижается потребность в ручной полировке их поверхностей, зачастую – на 60-100%.

Применение HSM позволяет сократить использование таких производственных процессов, как электрохимическая и электроэрозионная обработка. Благодаря этому сокращаются производственные затраты и упрощается материально-техническое снабжение.

В связи с этим, особый смысл приобретает сравнение двух основных способов изготовления пресс – форм и штампов – электроэрозионной обработки и высокоскоростного фрезерования, а также выяснение пределов их возможностей. По достигаемой точности эти два способа примерно равноценны. Кроме того, следует учитывать, что твердость обрабатываемого материала при электроэрозионном вырезании не ограничена, тогда как высокоскоростному фрезерованию целесообразно подвергать заготовки с твердостью не более 56 HRC; при превышении этого предела снижается стойкость инструмента. Но исходя из результатов таблицы производительность при высокоскоростном фрезеровании в несколько раз выше производительности при электроэрозионной обработке.

Применение HSC эффективно на всех стадиях обработки: от черновой до чистовой. Необходимо отметить, что процесс HSC выполняется только на специальном оборудовании и специальным инструментом.

Для высокоскоростной обработки более подходят типы соединения, имеющие как радиальный, так и торцевой контакт со шпинделем. При расширении отверстия в шпинделе наличие торцевого контакта препятствует

раскрытию стыка. Для высокоскоростной обработки подходят инструменты с полыми хвостовиками HSC, конструкция которых такова, что под действием центробежных сил хвостовик расширяется вместе со шпинделем.

При планировании высокоскоростной обработки необходимо стремиться к использованию комбинации режущего инструмента и держателей, которая обеспечивает симметричность инструмента. Существует несколько систем закрепления инструмента, отвечающих этому требованию. Одним из лучших и наиболее надежных при высокоскоростной обработке считается термозажим инструмента, когда держатель вначале нагревают, увеличивая диаметр посадочного отверстия, которое при охлаждении плотно охватывает вставленный в него инструмент. Такое соединение, во-первых, обеспечивает минимальное биение инструмента, во-вторых, оно способно передавать высокий крутящий момент, в-третьих, позволяет легко сочетать между собой приобретаемые отдельно инструменты и оснастку, и, наконец, придает всей сборке высокую жесткость.

При высокоскоростной обработке максимальная производительность съема металла устанавливается с учетом ограничений, определяемых возможностями станка и инструментальной оснастки. Особенность фрезерования состоит в том, что при обработке высокая частота вращения шпинделя в большинстве случаев сочетается с большими глубинами резания и такая комбинация делает вибрацию более грозным явлением, чем это обычно считают. При обдирке материала с высокими частотами вращения шпинделя на процесс обработки накладывают три ограничения. К двум общеизвестным ограничениям, накладываемым инструментом и станком, добавляется ограничение, накладываемое гармоническими характеристиками шпинделя и инструментальной системы.

Эти возможности определяются глубиной резания, мощностью привода шпинделя и глубиной стружечных канавок фрезы. Основной причиной возникновения вибраций при фрезеровании является длина контакта (далее “длина резания”) режущих кромок фрезы с материалом заготовки. При

непосредственном контакте возникают вынужденные колебания и дробление, которое представляет собой автоколебания. Автоколебания возникают в результате взаимодействия между инструментом и волнистостью обработанной поверхности. Когда эти колебания и волнистость гармонизированы между собой, усилие резания постоянно, в результате чего возникает оптимальная область частот вращения шпинделя. Наихудший вариант возникает тогда, когда колебания и волнистость находятся в точной противофазе друг к другу.

При более высоких частотах эффект демпфирования снижается, а потенциальная возможность увеличения глубины резания становится более отчетливой. Необходимо учесть, что в каждом случае фрезерования существует необходимость поиска оптимальной области частот вращения шпинделя.

Поиск оптимальной частоты вращения шпинделя необязателен, когда все компоненты системы СИД обладают очень высокой жесткостью, когда жестко закреплена заготовка, жесткозакрепленный патрон компактен, а вылет инструмента из него невелик. Когда соблюдаются все условия, дробление не играет значительной роли, а максимальная частота вращения шпинделя является оптимальной. Но при фрезеровании глубоких карманов в длинномерных панелях, когда инструмент имеет большой вылет, а его вершина значительно удалена от шпинделя, возникает дробление. При этом частотные характеристики не являются присущими станку в отдельности, а служат характеристикой всей системы станок- зажимной патрон-инструмент. Стоит изменить любой из этих параметров, как тут же получается другая система, для которой должны быть найдены другие оптимальные параметры резания.

Интервал этих линий колеблется в пределах от 2 до 9 мм. С помощью этого графика можно объяснить, каким образом при одних частотах вращения шпинделя резание происходит стабильно и сила резания невелика,

тогда как при других преобладает дробление и довольно велика пиковая сила резания.

В качестве глубины резания принято ее произвольное значение, например половина диаметра фрезы, которая остается постоянной до тех пор, пока не будет обнаружена оптимальная область частот вращения шпинделя.

Длина резания наращивается до тех пор, пока не возникнет дробление. Оптимальная глубина резания, достигаемая непосредственно перед возникновением дробления, определяется по минутному съему припуска, равному произведению минутной подачи на глубину резания и на длину резания. Уменьшая максимальную частоту вращения шпинделя на 1000 мин^{-1} повторяют указанную процедуру. При максимальной глубине резания, при которой еще не происходит дробления, вновь фиксируют производительность съема и нагрузку на шпиндель.

Аналогичным образом находят ту частоту вращения шпинделя, при которой можно значительно увеличить глубину резания, не получая одновременно дробления. Понять, что найдена оптимальная область частот вращения шпинделя, можно из эксплуатационных показателей станка при этой частоте вращения, которые будут значительно лучше, чем при частотах на 1000 мин^{-1} выше или на 1000 мин^{-1} ниже.

Гибкость производства- это ключевое понятие для современного конкурентного рынка. Способность проектировать, изготавливать и доставлять новые изделия за очень короткий отрезок времени обеспечивает выживание. Все больше и больше разновидностей изделий со строгими требованиями к качеству поступает на рынок ежедневно ; в то же время срок их жизни очень небольшой. Новые решения по инструментам в сочетании с новыми высокопроизводительными станками позволяют пользователям реализовать гибкость и сокращать удельные затраты на деталь.

Чтобы быть уверенным в будущем, надо выполнять требования завтрашнего дня сегодня. Рассмотрим электронную регулировочную

систему, которая будет обеспечивать прежде всего точность и эффективность. Она оснащена средствами абсолютного измерения непосредственно на регулировочном суппорте. В сочетании с серводвигателем и электронным инфракрасным приемопередатчиком система обеспечивает реализацию полностью автоматизированного цикла без вмешательства оператора. Применительно к многоцелевым, а также к специальным станкам и автоматическим линиям такая система гарантирует получение максимальной точности, эксплуатационной надежности и экономии.

Компоненты системы:

- Инфракрасная передача данных;
- Присоединительные средства из набора HSK, ИСО 40, ИСО 50, ABS;
- Абсолютная система отсчета;
- Разрешающая способность 1 мкм;
- Точность позиционирования, стандартное отклонение;
- Интерфейс для сервисного обслуживания;
- Могут присоединяться специальные головки;
- Электронное управление головкой.

Инфракрасная передача данных. Головка с инфракрасной передачей обеспечивает максимальную скорость и точность передачи данных. Модуль инфракрасного приемопередатчика, установленный в зоне станка, получает данные по кабелю и передает их на головку.

Индуктивная подача питания. Энергия передается индуктивно и, соответственно, без непосредственного контакта. Поэтому обмотка статора, расположенная на станке, получает питание через кабель. Обмотка ротора расположена непосредственно на микрорегулирующей головке и передает стабилизированный постоянный ток.

Передача энергии и данных может также осуществляться из задней части шпинделя в станках специального исполнения для автоматических линий.

Управляющее устройство, с помощью которого осуществляется связь между станком, микрорегулирующей головкой и измерительной аппаратурой. Оно имеет в качестве базы микропроцессор Pentium, который соединен с внешней клавиатурой или цифровой клавишной панелью. Используется цветной монитор 14 VGA с защитой экрана стеклом из поликарбоната.

Измерение. Возможно использование различных измерительных систем. Минимальное время наладки с помощью предпроцессорной измерительной системы. При предпроцессорном измерении определяется траектория движения режущей кромки и осуществляется соответствующая подрегулировка перед началом процесса резания. Система предпроцессорного измерения позволяет компенсировать ряд воздействий, таких как износ режущей кромки или погрешность смены инструмента в рамках одной системы. Это обеспечивает большую экономию времени, например, при установке инструментов, при изменении характеристик режущих кромок или материала. Монтаж и калибровка измерительной системы производится с помощью управляющего устройства.

3.2. Схема контроля зубчатого профиля пуансона.

На операции зубофрезерование производится получение зубчатого профиля колеса. После изготовления зубчатого профиля необходимо произвести контроль данной поверхности.

Зубчатое колесо выставляется в системе координат на измерительном столе контрольного оборудования “ Leitz Cygnus X 1086” (производство Швейцария). При помощи мерительной головки, на которой закрепляется измерительный щуп, происходит сканирование всей поверхности зубчатого профиля колеса и данные сканирования передаются на ЭВМ. Затем, сканированный зубчатый профиль (детали) сравнивают с зубчатым профилем математической модели (методом наложения). Если поверхность изготовлена точно по чертежу, то наложение профилей происходит без смещения; если имеются отклонения при изготовлении детали, то на экране

монитора мы увидим смещение зубчатого профиля (детали) от зубчатого профиля математической модели. Далее, происходит доработка зубчатого профиля пуансона (полирование) ручной полировальной машинкой Diprofil FMB/2 2113.

3.3. Проектирование режущего инструмента.

На основании научных исследований высокоскоростной обработки, в данной работе на фрезерной операции 070 (высокоскоростное фрезерование), которая выполняется на обрабатывающем центре HSM 700 МИКРОН, будем применять специальный режущий инструмент, который изготавливается фирмой SGS TOOL COMPANY.

В качестве режущего материала используются твердые сплавы мелкозернистой структуры (зерна размером менее 0,5 мкм) с TiAlN-покрытиями:

1. Ti – NAlTiE – нитрид титана
2. Ti – NAlTiE – C – карбонитрид титана
3. Ti – NAlTiE – Al – алюминитрид титана.

Покрытия обеспечивают стойкость режущих кромок фрез, при высоких температурах (до 800⁰ C) и являются предпочтительными для высокоскоростной обработки, также благодаря высокой устойчивости к окислению.

Для обработки зубчатого профиля пуансона (инструментальная сталь 4X5МФС, твердость HRC 54-56) выбираем 2^x перьевые сферические концевые фрезы с Ti – NAlTiE – Al покрытием (титан алюминий нитрид) из каталога “Монолитные твердосплавные инструменты фирмы SGS TOOL COMPANY (США)”. Наложённая на покрытие TiN многослойная структура из титана алюминий нитрида и TiN обеспечивают заливку микротрещин, которые появляются обычно в результате перерывов в резании. Чем дифференцированнее слои, тем эффективнее процесс предотвращения микротрещин. Верхним слоем многослойной структуры в настоящее время

является, как правило TiAlN. Его часто называют тепловым слоем, так как он обладает низкими теплопроводными свойствами.

На операции 070 фрезерование будем применять комплект фрез для черновой и чистовой обработки

- 1) $\varnothing 6$ мм; Z=2; L=65 мм; $l_p=6$ мм
- 2) $\varnothing 3$ мм; Z=2; L=60 мм; ; $l_p=3$ мм
- 3) $\varnothing 2$ мм; Z=2; L=60 мм; $l_p=2$ мм
- 4) $\varnothing 1,5$ мм; Z=2; L=60 мм; $l_p=1,5$ мм

Угол наклона винтовой канавки составляет 30^0 .

Ширина ленточки: $f_0=(0,32\dots 0,45)\times\sqrt{D}=0,4\times\sqrt{6}=1$ мм

$$f_0=(0,32\dots 0,45)\times\sqrt{D}=0,4\times\sqrt{3}=0,7$$
 мм

$$f_0=(0,32\dots 0,45)\times\sqrt{D}=0,4\times\sqrt{2}=0,6$$
 мм

$$f_0=(0,32\dots 0,45)\times\sqrt{D}=0,4\times\sqrt{1,5}=0,5$$
 мм

Фрезы выполнены из твердого сплава Т30К4.

Твердость рабочей части фрезы HRC 78.

Допуск осевого биения режущих кромок фрезы – 0,01 мм.

Диаметр рабочей части выполняется с точностью h8.

3.4. Оптимизация процесса высокоскоростного фрезерования.

Станок – обрабатывающий центр HSM 700 МИКРОН.

Инструмент – сферическая концевая фреза с Ti-NAMITE-A (алюминий нитрид титана) покрытием , $\varnothing 6$ мм, Z=2

$$V= 150,72 \text{ м/мин}$$

$$t=0,24 \text{ мм}$$

$$n_{\min}=30 \text{ об/мин} ; n_{\max}=42000 \text{ об/мин}$$

$$S_{\min}=0,05 \text{ мм/об}; S_{\max}=0,48 \text{ мм/об}$$

Для определения оптимальных режимов резания, при которых производительность будет максимальной, задаем ряд ограничений.

Ограничение по кинематике станка

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$$

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$$

$$30 \leq n \leq 42000$$

$$0,05 \leq S \leq 0,48$$

Прологарифмируем полученные выражения

$$\lg 30 \leq n \leq \lg 42000$$

$$\lg 0,05 \leq S \leq \lg 0,48$$

$$1,5 \leq x_1 \leq 4,6 \quad \rightarrow \quad b_2 \leq x_1 \leq b_1$$

$$-1,3 \leq x_2 \leq -0,3 \quad b_4 \leq x_2 \leq b_3$$

Ограничение по мощности станка

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{д}} \times \eta$$

$$N_{\text{рез}} \leq 15 \times 0,8 = 12$$

$$N_{\text{рез}} = C_n \times 10^{-5} \times t^{0,86} \times n \times B \times S_z^{0,72} \times D^{0,14} \times Z \leq 12$$

$$N_{\text{рез}} = C_n \times 10^{-5} \times t^{0,86} \times n \times B \times S^{0,72} \times D^{0,14} \times Z^{0,28} \leq 12$$

$$n \times S^{0,72} \leq 12 / (C_n \times 10^{-5} \times t^{0,86} \times B \times D^{0,14} \times Z^{0,28})$$

$$n \times S^{0,72} \leq 12 / (3,5 \times 10^{-5} \times 0,24^{0,86} \times 6 \times 6^{0,14} \times 2^{0,28})$$

$$n \times S^{0,72} \leq 12 / 0,0001$$

$$n \times S^{0,72} \leq 120000$$

Прологарифмируем полученное выражение

$$\lg n + 0,72 \lg S \leq b_5$$

$$x_1 + 0,72 x_2 \leq 5$$

$$x_1 = 0 \quad x_2 = 0$$

$$x_2 = 6,9 \quad x_1 = 5$$

Ограничение по стойкости инструмента

$$T \leq T_{\text{доп}}$$

$$T_{\text{доп}} = 1680 \text{ мин}$$

$$T^m = (V \times t^x \times S_z^y \times B^u \times Z^p) / (C_v \times D^q \times K_m) \leq 1680$$

$$T^m = (150,72 \times 0,24^{0,24} \times S^{0,26} \times 6^{0,1} \times 2^{0,13}) / (234 \times 6^{0,44} \times 2^{0,26} \times 0,02) \leq 1680$$

$$T^m = (140 \times S^{0,26}) / 12,33 \leq 1680$$

$$11,35 \times S^{0,26} \leq 1680^m$$

$$11,35 \times S^{0,26} \leq 1680^{0,37}$$

$$11,35 \times S^{0,26} \leq 15,6$$

$$S^{0,26} \leq 1,4$$

Прологарифмируем полученное выражение

$$0,26 \lg S \leq \lg 1,4$$

$$0,26 x_2 \leq b_6$$

$$0,26 x_2 \leq 0,15$$

$$x_2 \leq 0,$$

Ограничение по температуре резания

$$\theta \leq \theta_{\text{доп}}$$

$$\theta_{\text{доп}} = 800^{\circ} \text{C}$$

$$\theta = C \times t^x \times S^y \times V^z \leq 800$$

$$\theta = (C \times t^x \times S^y \times \pi^z \times D^z \times n^z) / 1000^z \times Z^y \leq 800$$

$$(166,5 \times 0,24^{0,105} \times S^{0,2} \times 3,14^{0,4} \times 6^{0,4} \times n^{0,4}) / 1000^{0,4} \times 2^{0,2} \leq 800$$

$$(463,8 \times S^{0,2} \times n^{0,4}) / 18,2 \leq 800$$

$$25,5 \times S^{0,2} \times n^{0,4} \leq 800$$

$$S^{0,2} \times n^{0,4} \leq 31,3$$

Прологарифмируем полученное выражение

$$0,2 \lg S + 0,4 \lg n \leq \lg 31,3$$

$$0,2 x_2 + 0,4 x_1 \leq b_7$$

$$0,2 x_2 + 0,4 x_1 \leq 1,5$$

$$x_2 = 0$$

$$x_1 = 0$$

$$x_1 = 3,75$$

$$x_2 = 7,5$$

Запишем систему полученных линейных уравнений:

$$x_1 \leq 4,6$$

$$x_1 \geq 1,5$$

$$x_2 \leq -0,3$$

$$x_2 \geq -1,3$$

$$x_1 + 0,72 x_2 \leq 5$$

$$x_2 \leq 0,57$$

$$0,2 x_2 + 0,4 x_1 \leq 1,5$$

Функция производительности

$$\Pi=1/L=1/(L/S)=S/L=S_0 \times n/L$$

Прологарифмируем данное выражение

$$Z=\lg(1/L)+\lg S+\lg n$$

$$Z=A+x_2+x_1$$

$$A=\infty$$

$$Z=50 \text{ деталей в год}$$

$$x_1+x_2=50$$

Оптимальные режимы резания

Оптимальные режимы резания находятся в т.А или в т.В

$$\text{т.А } (3,9 ; -0,3)$$

Производительность в этой точке будет равна:

$$Z_A = |x_1| + |x_2| = 3,9 + 0,3 = 4,2$$

$$\text{т.В } (4,4 ; -1,3)$$

Производительность в этой точке будет равна:

$$Z_B = |x_1| + |x_2| = 4,4 + 1,3 = 5,7$$

Следовательно, оптимальные значения режимов резания находятся в точке В.

$$x_1 = \lg n \quad \rightarrow \quad n = 10^{x_1} \quad \rightarrow \quad n = 10^{4,4} = 25118,8 \text{ об/мин}$$

$$x_2 = \lg S \quad \quad S = 10^{x_2} \quad \quad S = 10^{-1,3} = 0,05 \text{ мм/об}$$

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Анализ безопасности и экологичности технического объекта для наглядности представим в виде таблиц 4.1 – 4.8.

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

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Технологический процесс	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Материалы, вещества	Оборудование, техническое устройство, приспособление
Фрезерная	Фрезерование профиля	Фрезеровщик	Охлаждающая эмульсия, стружка	Приспособление специальное

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Фрезерная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях	Обрабатываемая заготовка,

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие коврики
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Механическая обработка пуансона	Фрезерный станок	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
1	2	3	4	5	6	7
Пенные огнетушители, ящики с песком, боты, ломы	Автомобили пожарные мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
Технологический процесс изготовления пуансона	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негоряемом ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

1	2	3	4	5
Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	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.)
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления пуансона	Станок фрезерный	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления пуансона
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

4.6 Заключение по разделу

Выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления пуансона, разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Проведен анализ пожарной безопасности на участке по изготовлению детали и выбор средств пожаротушения. Приведены результаты анализа по обеспечению

экологической безопасности технического объекта.

5. Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

На фрезерной операции 070 применяется:

- обрабатывающий центр, модель HSM 700 МИКРОН;
- станочные тиски с пневмоприводом, цанговый зажимной патрон с коническим полым хвостовиком HSK;
- коническая сферическая фреза с TiAlN покрытием $\varnothing 6$ мм $Z=2$, $\varnothing 3$ мм $Z=2$, $\varnothing 2$ мм $Z=2$, и $\varnothing 1,5$ мм $Z=2$.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 843 мин., а штучное – 1011,6 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [10] была определена сумма инвестиций, которая составила 84412,2 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [10], была определена величина данного показателя по сравниваемым вариантам. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 070 представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 9,58% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления корпуса подшипников составит 5502,32 руб.

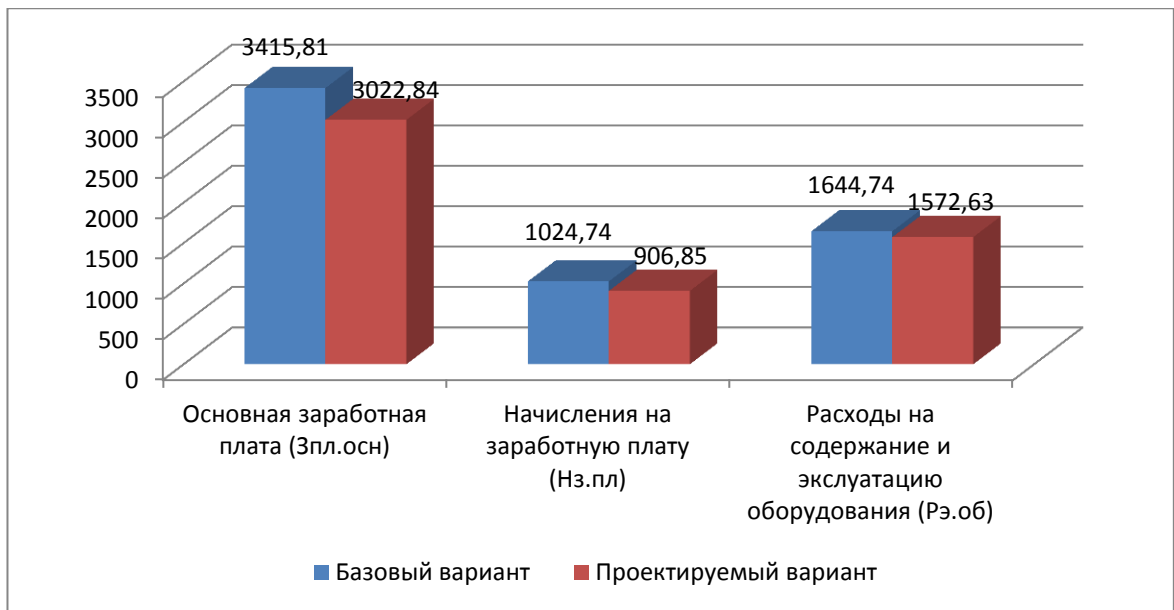


Рисунок 5.1 – Показатели, входящие в технологическую себестоимость детали «Пуансон прессформы для изготовления рейки руля», по сравниваемым вариантам, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [10] была определена полная себестоимость выполнения операции 070 (рисунок 5.2).

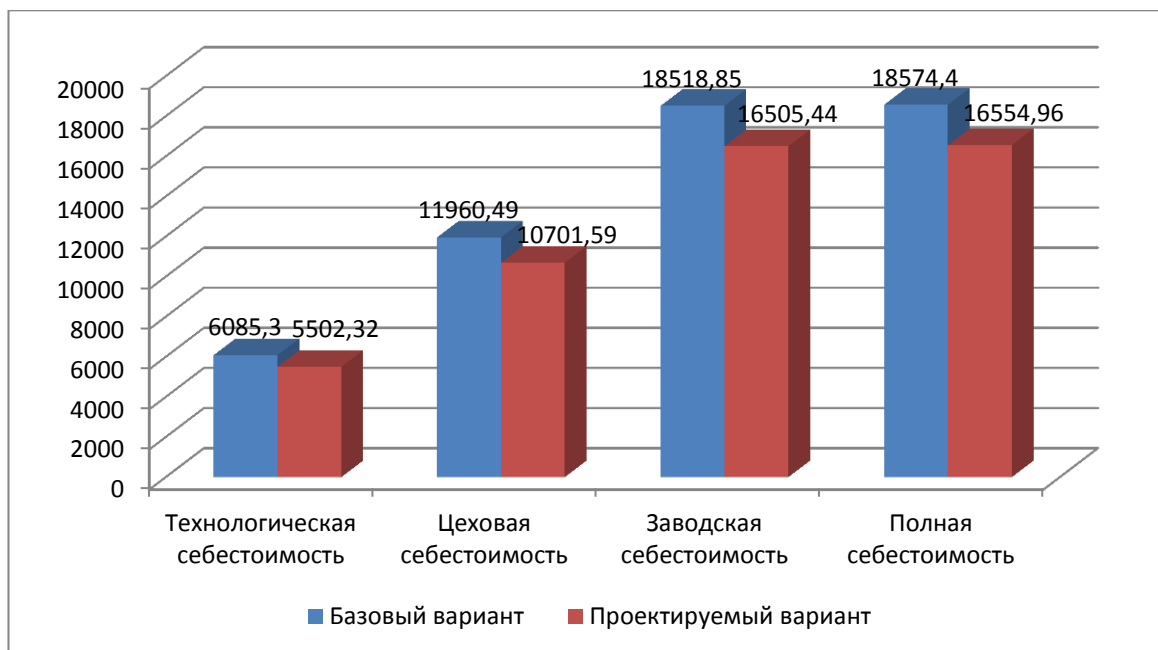


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 070, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 18574,4 руб., а в проектируемом – 16554,96 руб. Изменения по данному показателю составило 10,9%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 80777,6 руб., что окупит предполагаемые инвестиции, в объеме 84412,2 руб., в течение 2-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 14459,61 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0 , то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [10]. Его величина составила 1,17 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы выполнены все необходимые проектные и конструкторские расчеты, проведены необходимые исследования и т.д. Более подробно, по разделам, достигнуты следующие результаты:

- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;
- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;
- по третьему разделу - проведены литературные исследования, спроектирован специальный инструмент;
- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии; величина чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), составляет 14459,61 рублей.

Таким образом, можно сказать, что цель настоящей бакалаврской работы - разработка технологического процесса изготовления пуансона прессформы для изготовления рейки руля с минимальной себестоимостью, достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп.– М.: Высш.школа, 1980, 240 с.
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 25 с.
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.
- 5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартиформ, 2010. – 35 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процес-сов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А.. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 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.

15 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.

16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

19 Davim, J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).

20 Davim, J.P. (ed.) Sustainable Machining. Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim, J. Paulo (editor). Machining. Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 pages.

22 Jackson, Mark. Machining with Abrasives Springer, New York, 2011. 439 p. ISBN 978-1-4419-7301-6;

23 Klocke, F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

24 Linke, B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

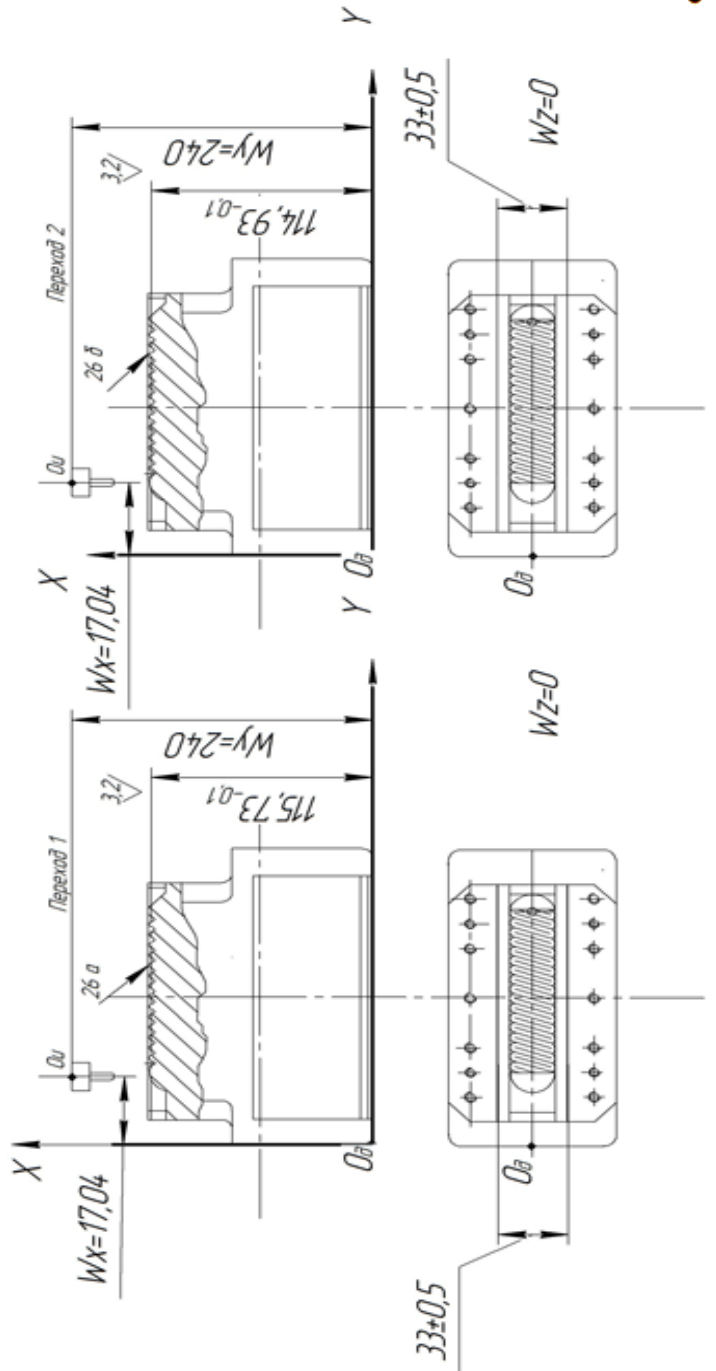
ПРИЛОЖЕНИЕ А
Маршрутная карта

Дубл.																								
Взам.																								
Подп.																								
Разраб.	Носова																							
Проверил	Воронов																							
Н. контр.	Егоров																							
Утв.	Логинов																							
ТГУ-кафедра ОТМП																								
Пуансон																								
M01 Сталь-4Х5МФС-ГОСТ5950-73																								
Код		Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ													
31		166	22,4	1			0,73	11	100x260x120	1	30,6													
Цех		Уч.	РМ	Опер.	Код операции			Обозначение документа																
000		Код, наименование оборудования																						
03		000-Заготовительная																						
04		Штамповка																						
05																								
06		005 Фрезерная																						
07		Вертикально-фрезерный станок-6Т13											3	18632	412	1р	1							1,9
08																								
10		010 → Плоскошлифовальная																						
11		Плоскошлифовальный станок-3Б722											3	18632	412	1р	1						1,2	1,5
12																								
13		015 Фрезерная																						
14		Вертикально-фрезерный станок-FR2-DECKEL											3	18632	412	1р	1					0,8	1,1	
15																								
16		020 Координатно-расточная																						
17		Координатно-расточной станок-МР2Р											3	18632	412	1р	1					0,25	0,6	
18																								

Аб	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код операции	Обозначение документа									
						Проф	Р	УТ	КР	КОД	ЕН	ОП	Кл	Д	Д
Ба	Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОД	ЕН	ОП	Кл	Д	Д
19				025-Фрезерная	0										
20				Вертикально-фрезерный станок FR2-DECKEL	3	18632	412	1р	1	1	1		1	0,72	1,1
21					0										
22				030-Сверильная	0										
23				Вертикально-сверильный станок 2Н118	3	18632	412	1р	1	1	1		1	0,45	0,85
24					0										
25				035-Фрезерная	0										
26				Вертикально-фрезерный станок FR2-DECKEL	3	18632	412	1р	1	1	1		1	0,84	1,2
27					0										
28				040 → Плоскошлифовальная											
29				Плоскошлифовальный станок 3Б722	3	18632	412	1р	1	1	1		1	0,9	1,4
30					0										
31				045 → Плоскошлифовальная											
32				Плоскошлифовальный станок 3Б722	3	18632	412	1р	1	1	1		1	1,1	1,5
33					0										
34				050-Фрезерная	0										
35				Обрабатывающий центр MSM-700-MICRON	3	18632	412	1р	1	1	1		1	2,5	3,1
36					0										
37				055 → Плоскошлифовальная											
38				Плоскошлифовальный станок 3Б722	3	18632	412	1р	1	1	1		1	0,7	1,2
39					0										
40					0										
41					0										
42					0										
43					0										
44					0										
45					0										
46					0										

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
Разработал	Носова																			
Проверил	Воронов																			
Н. контр.	Егоров																			
УТВ	Логинов																			
		ТГУ ОТП		Пуансон																
				07р																



КЭ