

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

профиль «Технология машиностроения»

Студент _____ Ковров Максим Андреевич _____ гр. МСб-1203

1. Тема «Совершенствование технологического процесса изготовления пуансона штампа последовательного действия кронштейна монтажного блока»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» _____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе материалы преддипломной практики

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование приспособления и режущего инструмента

4) Научные исследования

5) Описание графической части работы

6) Безопасность и экологичность технического объекта

7) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения

АННОТАЦИЯ

Ковров М.А. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства» ТГУ, Тольятти 2016 г.

Выпускная квалификационная работа на тему: «Совершенствование технологического процесса изготовления пуансона штампа последовательного действия кронштейна монтажного блока» Тольятти, 2016 г. – 66 с.

В выпускной квалификационной работе, ставившей целью получение экономической выгоды за счет совершенствования технологического процесса изготовления пуансона, были предложены технические решения повышающие долговечность изделия, а также были спроектированы приспособление и инструмент.

Все полученные результаты согласуются с требованиями экологичности и безопасности, а также являются экономически целесообразными.

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАДАНИЕ	2
АННОТАЦИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	5
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	6
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	8
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	20
3.1 Проектирование тисков с силовым зажимом	20
3.2 Проектирование режущего инструмента	25
4 НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	26
5 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ.....	43
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА .	44
6.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	44
6.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	45
6.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	46
6.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта	48
6.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	51
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	59
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	61

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Листовая штамповка является прогрессивным способом обработки материалов, что подтверждается активным её применением в различных отраслях промышленности. Основным инструментом, участвующим в процессе листовой штамповки является штамп. Данная оснастка, состоит из множества изделий, одним из которых является пуансон. Этот элемент во время работы штампа находится под воздействием значительных нагрузок. При таких условиях работы пуансона следует позаботиться о проведении соответствующей термообработки. Широко распространены сегодня такие методы термообработки как объемная и индукционная закалка, однако данные виды упрочнения имеют ряд недостатков. Лишено этих недостатков лазерное упрочнение, так как не является объемным способом термообработки, а воздействует лишь на поверхность закаливаемой детали. Это позволяет избавиться от такого неприятного явления как коробление. Кроме этого при лазерной закалке не требуется специальное охлаждение, так как тепло с поверхности передается более глубоким слоям материала заготовки. Данные факты будут применены в рамках выпускной работы.

Целью выпускной работы является получение экономической выгоды за счет совершенствования процесса изготовления пуансона. Для достижения цели работы следует пройти ряд шагов и предложить ряд технических решений, основанных на изучении комплекса дисциплин, составляющих профессиональную подготовку бакалавра машиностроения. К подобным шагам в данной выпускной работе относятся:

1. Разработка технологической оснастки и режущего инструмента.
2. Проведение научных исследований по теме лазерной закалки.
3. Назначение режимов обработки на операцию лазерной закалки.
4. Оценка принятых решений с точки зрения экономичности, экологичности и безопасности.

1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Пуансон является инструментом, служащим для получения деталей необходимой формы и входящим наряду с другими составляющими в штамп. Основная функция пуансона оказывать давление на заготовку при прессовании и совместно с матрицей участвовать в формообразовании поверхности штампуемой детали.

Пуансон работает при высоких ударных нагрузках, для этого материал для него должен отличаться высокой прочностью, а также быть достаточно твердым.

Для изготовления подобного инструмента отлично подойдет сталь Х12МФ. Данный материал содержит легирующие элементы, в частности хром, молибден и ванадий и имеет предел прочности в 730 МПа. Коэффициенты обрабатываемости данного материала составляют 0,3 для инструмента из быстрорежущей стали и 0,8 для твердосплавного инструмента.

Исходный техпроцесс изготовления пуансона имел следующий набор операций: заготовительная, фрезерная, сверлильная, фрезерная чистовая, операция по объемной закалке, шлифовальная, моечная, контрольная, а в предлагаемом варианте: заготовительная, фрезерная, сверлильная, фрезерная чистовая, шлифовальная, операция по лазерной закалке, моечная, контрольная. В качестве исходной заготовки как и в исходном техпроцессе примем прокат, а тип производства - единичный.

При классификации поверхности детали (рис. 1.1) можно разделить на следующие группы: поверхности, непосредственно взаимодействующие с получаемым с помощью штампа изделием (служебные): 40-43; поверхности являющиеся основными конструкторскими базами: 1, 25; поверхности, относящиеся к вспомогательным конструкторским базам: 7-29; все остальные - свободные поверхности: 2, 30-39, 44-46.

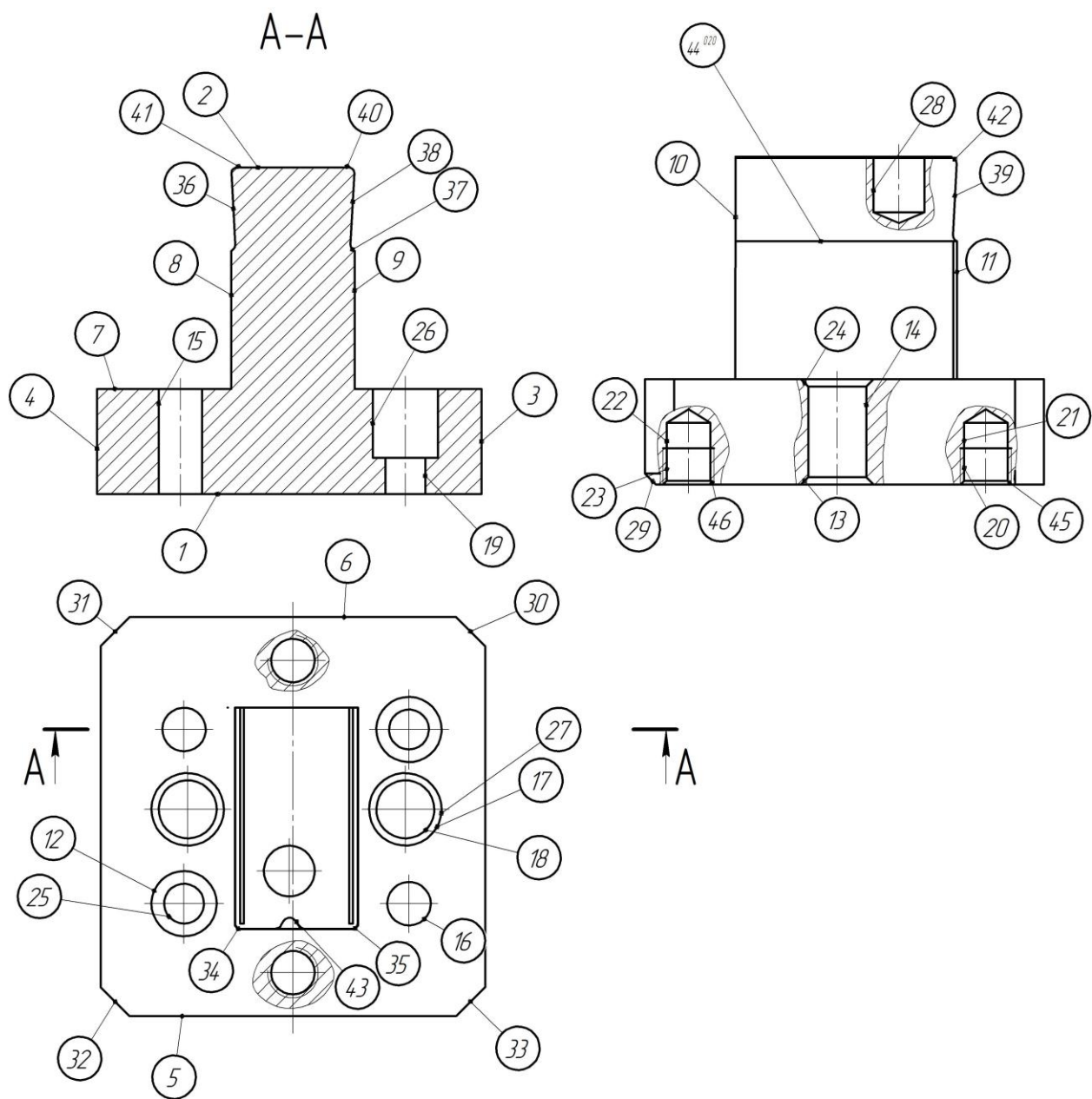


Рисунок. 1.1 - Нумерация поверхностей

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Составим маршрут обработки всей детали, основываясь на маршрутах обработки отдельных поверхностей [13]. Внесем полученные данные в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Маршрутная технология обработки пуансона

Номер операции	Используемые станки и машины	Краткое описание операции
1	2	3
000 Заготовительная	СОМ-200	Отрезать заготовку
005 Фрезерная	DMG Mori Seiki DMC 1150 V	Установ А - фрезеровать поверхности 1, 4, 29, 30, 31, 32, 33. Установ Б - фрезеровать поверхности 2, 7-11
010 Сверлильная		Установ А - сверлить отверстия 12, 14, 15, 16, 18, 19, 25, 26, 28. Зенкеровать - поверхности 15, 16. Развернуть поверхности 15, 16. Зенковать поверхности 17, 24. Установ Б - сверлить отверстия 21, 22. Зенковать поверхности 13, 27, 45, 46. Нарезать резьбу на поверхностях 20, 23
015 Фрезерная чистовая		Фрезеровать поверхности 8- 11, 34-44
020 Шлифовальная	HAUSER H35-400	Шлифовать поверхности 40-43

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
025 Термическая	WD-M180	Закалка поверхностей 40, 41, 42, 43
030 Моечная	CM-38	Промывка, обдувка, сушка
035 Контрольная	OGP SmartScope CNC 500	Контроль согласно чертежа

На всех операциях механической обработки будут использоваться установочная, направляющая и опорная базы, все они будут естественными по реализации, а по проявлению установочная и направляющая база будут явными, а опорная - скрытой.

Назначим припуски под обработку опытно-статистическим методом согласно [3] и рассчитаем операционные размеры. Данные по расчету поместим в табл. 2.3.

Таблица 2.3 - Припуски и операционные размеры

Операц ия	Поверхнос ть	Вид обработки	Припуск, мм	Операционный размер, мм
1	2	3	4	5
005, установ А	5	Фрезерование	4,92	$A^{005, A} = 109,56 \pm 0,435$
	3		6,92	$B^{005, A} = 105,56 \pm 0,435$
	1		3	$B^{005, A} = 94 \pm 0,4$
	4		6,92	$\Gamma^{005, A} = 6,92 \pm 0,05$
	45			$\Gamma\Gamma^{005, A} = 64 \pm 0,5$
	29		-	$D^{005, A} = 2,87 \pm 0,125$
	6		4,92	$E^{005, A} = 4,92 \pm 0,05$
	31, 32		-	$\ddot{E}^{005, A} = 7,82 \pm 0,18$
	30, 33		-	$Ж^{005, A} = 7,82 \pm 0,18$

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
005, установ Б	2	Фрезерование	3	$B^{005, Б} = 91 \pm 0,35$
	8		41,9	$Z^{005, Б} = 34,98 \pm 0,015$
	9		41,9	$I^{005, Б} = 35,6 \pm 0,025$
	7		62,26	$Й^{005, Б} = 28,74 \pm 0,15$
	10		28,9	$K^{005, Б} = 23,98 \pm 0,015$
	11		27,9	$L^{005, Б} = 62,6 \pm 0,025$
010, установ А	12, 25	Сверление	-	$AAA^{010, А} = 78,7 \pm 0,1$
	29	Сверление	-	$ДДД^{010, А} = 16 \pm 0,2$
	25, 26	Рассверливан ие	-	$ЖЖЖ^{010, А} = 19 \pm 0,26$
	12, 25	Сверление, зенкерование, развертывани е	-	$M^{010, А} = 21,7 \pm 0,1$
	14, 24	Сверление, зенкование	-	$H^{010, А} = 22,7 \pm 0,1$
	17, 18	Сверление, зенкование	-	$O^{010, А} = 82,7 \pm 0,1$
	16	Сверление, зенкерование, развертывани е	-	$\Pi^{010, А} = 83,78 \pm 0,01$
	19, 26	Сверление, зенкерование, развертывани е	-	$P^{010, А} = 30,7 \pm 0,1$

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
	14, 17, 18, 24	Сверление, зенкование	-	$C^{010, A} = 52,7 \pm 0,1$
	28	Сверление	-	$T^{010, A} = 69,7 \pm 0,1$
	16	Сверление, зенкерование, развертывани е	-	$Y^{010, A} = 78,78 \pm 0,01$
	28	Сверление	-	$\Phi^{010, A} = 51,7 \pm 0,1$
	19, 26	Сверление	-	$\Xi \Xi^{010, A} = 83,7 \pm 0,1$
	15	Сверление, зенкерование, развертывани е	-	$\text{ЮЮ}^{010, A} = 21,78 \pm 0,01$
	15	Сверление, зенкерование, развертывани е	-	$\text{ЯЯ}^{10, A} = 30,78 \pm 0,01$
	17	Зенкование	3,52	$2X^{010, A} = 19,74 \pm 0,26$
	28	Сверление	-	$2Ц^{010, A} = 14,215 \pm 0,215$
	14	Сверление	-	$2Ч^{010, A} = 16,215 \pm 0,215$
	24	Зенкование	3,52	$2Ш^{010, A} = 19,74 \pm 0,26$
	26	Рассверливан ие	7,206	$2Щ^{010, A} = 18,215 \pm 0,215$
	19	Сверление	-	$2Ъ^{010, A} = 11,215 \pm 0,215$
	16	Сверление	-	$2Ы^{010, A, 5} = 11,09 \pm 0,09$
	16	Зенкерование	0,862	$2Ы^{010, A, 6} = 11,871 \pm 0,0215$

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
	16	Развертывани е	0,154	$2\text{Б}^{010, \text{А}, 7} = 12,025 \pm 0,009$
	15	Сверление	-	$2\text{Б}^{010, \text{А}, 8} = 11,09 \pm 0,09$
	15	Зенкерование	0,862	$2\text{Б}^{010, \text{А}, 9} = 11,871 \pm 0,0215$
	15	Развертывани е	0,154	$2\text{Б}^{010, \text{А}, 10} = 12,025 \pm 0,009$
	25	Рассверливан ие	7,206	$2\text{Э}^{010, \text{А}} = 18,215 \pm 0,215$
	12	Сверление	-	$2\text{Ю}^{010, \text{А}} = 11,215 \pm 0,215$
	18	Сверление	-	$2\text{Я}^{010, \text{А}} = 16,215 \pm 0,215$
010, установ Б	13	Зенкование	-	$\text{АА}^{010, \text{Б}} = 22,7 \pm 0,1$
	20, 21, 22, 23	Сверление, резьбонарезан ие	-	$\text{ББ}^{010, \text{Б}} = 52,78 \pm 0,01$
	13, 27	Зенкование	-	$\text{БББ}^{010, \text{Б}} = 56,8 \pm 0,1$
	27	Зенкование	-	$\text{ВВ}^{010, \text{Б}} = 82,7 \pm 0,1$
	20, 21	Сверление, резьбонарезан ие	-	$\text{ГГ}^{010, \text{Б}} = 11,78 \pm 0,01$
	22, 23	Сверление, резьбонарезан ие	-	$\text{ДД}^{010, \text{Б}} = 97,78 \pm 0,01$
	13	Зенкование	3,52	$2\text{ЕЕ}^{010, \text{Б}} = 19,74 \pm 0,26$
	45	Зенкование	2	$2\text{ЕЕЕ}^{010, \text{Б}} = 14,215 \pm 0,215$
	27	Зенкование	3,52	$2\text{ЁЁ}^{010, \text{Б}} = 19,74 \pm 0,26$
	46	Зенкование	2	$2\text{ЁЁЁ}^{010, \text{Б}} = 14,215 \pm 0,215$

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
	20	Резьбонарезание	-	$2ЖЖ^{010, Б} = 14,807 \pm 0,106$
	23	Резьбонарезание	-	$233^{010, Б} = 14,807 \pm 0,106$
	21	Сверление	-	$2КК^{010, Б} = 12,215 \pm 0,215$
	22	Сверление	-	$2ЛЛ^{010, Б} = 12,215 \pm 0,215$
	21, 22	Сверление	-	$ММ^{010, Б} = 12 \pm 0,1$
	20, 23	Резьбонарезание	-	$НН^{010, Б} = 19 \pm 0,1$
015	2	Фрезерование	1,3	$В^{015} = 89,7 \pm 0,3$
	8		0,789	$З^{015} = 35,769 \pm 0,006$
	9		0,822	$И^{015} = 33,989 \pm 0,011$
	10		0,665	$К^{015} = 24,645 \pm 0,010$
	11		0,949	$Л^{015} = 60,986 \pm 0,0135$
	36, 38, 39, 44		-	$ОО^{015} = 66,2 \pm 0,37$
	40, 41		0,5	$ПП^{015} = 0,5 \pm 0,03$
	35		-	$РР^{015} = 0,87 \pm 0,125$
	34		-	$СС^{015} = 0,87 \pm 0,125$
	41		-	$ТТ^{015} = 37,08 \pm 0,01$
	40		-	$УУ^{015} = 67,08 \pm 0,01$
	41		-	$ФФ^{015} = 1,4 \pm 0,02$
	40		-	$ХХ^{015} = 1,4 \pm 0,02$
	42		-	$ЦЦ^{015} = 1,5 \pm 0,01$
	37		-	$ЧЧ^{015} = 1,5 \pm 0,1$
36	-	$\alpha^{015} = 3^\circ \pm 30'$		

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
	38		-	$\beta^{015} = 3^{\circ} \pm 30'$
	39		-	$\gamma^{015} = 3^{\circ} \pm 30'$
020	40, 41	Шлифование	0,2	$\text{ПП}^{020} = 0,3 \pm 0,015$
	41		-	$\text{ТТ}^{020} = 37,287 \pm 0,005$
	40		-	$\text{УУ}^{20} = 67,265 \pm 0,005$
	41		0,407	$\text{ФФ}^{20} = 0,985 \pm 0,015$
	40		0,385	$\text{ХХ}^{20} = 0,985 \pm 0,015$
	42		-	$\text{ЦЦ}^{020} = 1,5 \pm 0,01$
	43		-	$\text{ШШ}^{015} = 47,181 \pm 0,0075$
	43		-	$\text{ЩЩ}^{015} = 7 \pm 0,0125$
	43		-	$\text{ЪЪ}^{015} = 4 \pm 0,007$
	43		-	$\text{ЫЫ}^{015} = 90 \pm 0,01$
43	-	$\text{ЬЬ}^{015} = 86 \pm 0,005$		

Необходимое оборудование, контрольный и режущий инструмент, а также станочные приспособления, использующиеся в техпроцессе сведем в табл. 2.4, 2.5.

Таблица 2.4 - Приспособления и оборудование для обработки

Операция	Оборудование	Приспособление
1	2	3
000	Ленточнопильный станок COM-200	-
005	Станок фрезерный DMG Mori Seiki DMC 1150 V	Тиски

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
010	Станок фрезерный DMG Mori Seiki DMC 1150 V	Тиски Safeway PQV-130S
015	Станок фрезерный DMG Mori Seiki DMC 1150 V	Тиски Kurt Hydraulic VersatileLock Vise 3600H
020	Координатно-шлифовальный станок HAUSER H35-400	Тиски Kurt Hydraulic VersatileLock Vise 3600H
025	Лазерная установка WD-M180	-
030	Моечная машина CM-38	-
035	Система контроля OGP SmartScope CNC 500	-

Таблица 2.5 - Средства измерения и режущие инструменты

Опера ция	Инструмент	Контрольные устройства и приспособления
1	2	3
000	Ленточное полотно	Штангенциркуль Mitutoyo AD 500-706-11
005	Фреза концевая Walter H3121378-25; фреза торцевая Walter F4080.B40.160.Z07.04 пластина ODHT060512-F57 WKP35S; фреза для обработки фасок 90° Walter H3158318-8; фреза концевая Walter H3021178-20	Штангенциркуль Mitutoyo AD 500-706-11

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
010	<p>Сверло Walter DC150-03-14.000A0-WJ30RE; сверло Walter DC150-08-11.000A1-WJ30TA; сверло Walter A7191TFT-18; сверло Walter A3379XPL-16; зенковка с углом 90° Walter E6819TIN-15; сверло Walter DC150-03-12.000A0-WJ30RE; зенковка с углом 90° Walter E7819-20,5; зенкер Walter E1111-11,75; развертка Walter F1342-12; метчик машинный M14-6H</p>	<p>Нутрометр Sylvac Ultima, вставка М 14 ПР 6H ГОСТ 17763-72, вставка М 14 HE 6H ГОСТ 17763-72, штангенциркуль Mitutoyo AD 500-706-11, шаблон для измерения фасок</p>
015	<p>Фреза со сменной головкой Walter H2EC38217-E10-10-0.5, фреза угловая P6M5, фреза для обработки галтелей Walter H3068118-1.5, фреза со сферическим концом Walter P3166017-3</p>	<p>Штангенциркуль Mitutoyo AD 500-706-11, микрометр Micromar 40 EWR, угломер Sylvac S239, шаблон галтельный</p>
020	<p>Головка шлифовальная AW 6×10 24 A F40 L6 B35 A3, головка шлифовальная фасонная 24 A F40 L6 B35 A3, шлифовальная головка для скруглений R1,5 24 A F40 L6 B35 A3</p>	<p>Шаблон фасонный, концевые меры, штангенциркуль Mitutoyo AD 500-706-11, шаблон фасонный</p>

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
025	-	Твердомер ТЭМП-4
035	-	все устройства и инструменты с операций 000-025, цифровой индикатор Mitutoyo AD 543-690B, стойка для измерений Mitutoyo 215-505-10

Рассчитаем параметры обработки для операций 005 и 010. Все режимы резания назначим в соответствии с рекомендациями производителя [11].

Нормирование операций проведем в соответствии с методикой изложенной в [1], [14], [15]. Данные запишем в табл. 2.6-2.8.

Таблица 2.6 - Режимы обработки для 005 операции

Параметр	Значение параметра				
	Установ А			Установ Б	
	Переход 1	Переход 2	Переход 3	Переход 1	Переход 2
1	2	3	4	5	6
a_p , мм	1,5	30	3	1,5	10,667
a_e , мм	120	7	2	120	10,475
f_z , мм/зуб	0,35	0,17	0,09	0,35	0,13
v_c , м/мин	95	63	200	95	150
v_f , мм/мин	494	682	1432	494	1241

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
n , об/мин	202	802	3183	202	2387
N , кВт	5	10	7	5	9
P_z , Н	2833	8973	1953	2833	3403
1	2	3	4	5	6
P_y , Н	850	2692	586	850	1021
P_x , Н	1417	4487	977	1417	1702
P_h , Н	1417	2692	586	1417	1021
$t_{\text{маш}}$, мин	0,615	0,955	0,008	0,615	6,055
$t_{\text{шт}}$, мин	12,04				

Таблица 2.7 - Режимы обработки для установка А 010 операции

Параметр	Переходы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
p	2	3	4	5	6	7	8	9
D_c , мм	14	11	18	16	20	11	11,75	12
v_c , м/мин	51,5	52,3	67,1	59	6	52,3	7	4
f , мм/об	0,183	0,163	0,172	0,229	0,13	0,163	0,077	0,21
v_f , мм/мин	214	247	253	269	12	247	15	22
n , об/мин	1171	1513	1187	1174	95	1513	190	106

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N , кВт	2	1,7	3,6	3,5	0,45	1,7	0,15	0,22
M_c , Н·м	17	9	26	26	41	9	26	17
F_f , Н	2981	2147	3602	4030	5152	2147	1424	3670
$t_{\text{маш}}$, мин	0,089	0,255	0,235	0,253	0,483	0,255	4,52	2,96

Таблица 2.8 - Режимы обработки для установка Б 010 операции

Параметр	Переходы			
	1	2	3	4
D_c , мм	12	15	14	20
v_c , м/мин	51,5	6	7,91	59
f , мм/об	0,17	0,12	2	0,229
v_f , мм/мин	232	15	350	269
n , об/мин	1366	127	180	1174
N , кВт	1,8	0,32	0,29	3,5
M_c , Н·м	11,5	22	14	26
F_f , Н	2418	3639	-	4030
$t_{\text{маш}}$, мин	0,181	0,393	1,571	0,253
$t_{\text{шт}}$, мин	14,864			

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

3.1 Проектирование тисков с силовым зажимом

Спроектируем приспособление для фрезерной операции 005. Операция 005 состоит из 5 переходов. Для каждого перехода составим схему, где укажем направление действия сил и необходимые размеры. Схемы приведены на рис. 3.1.

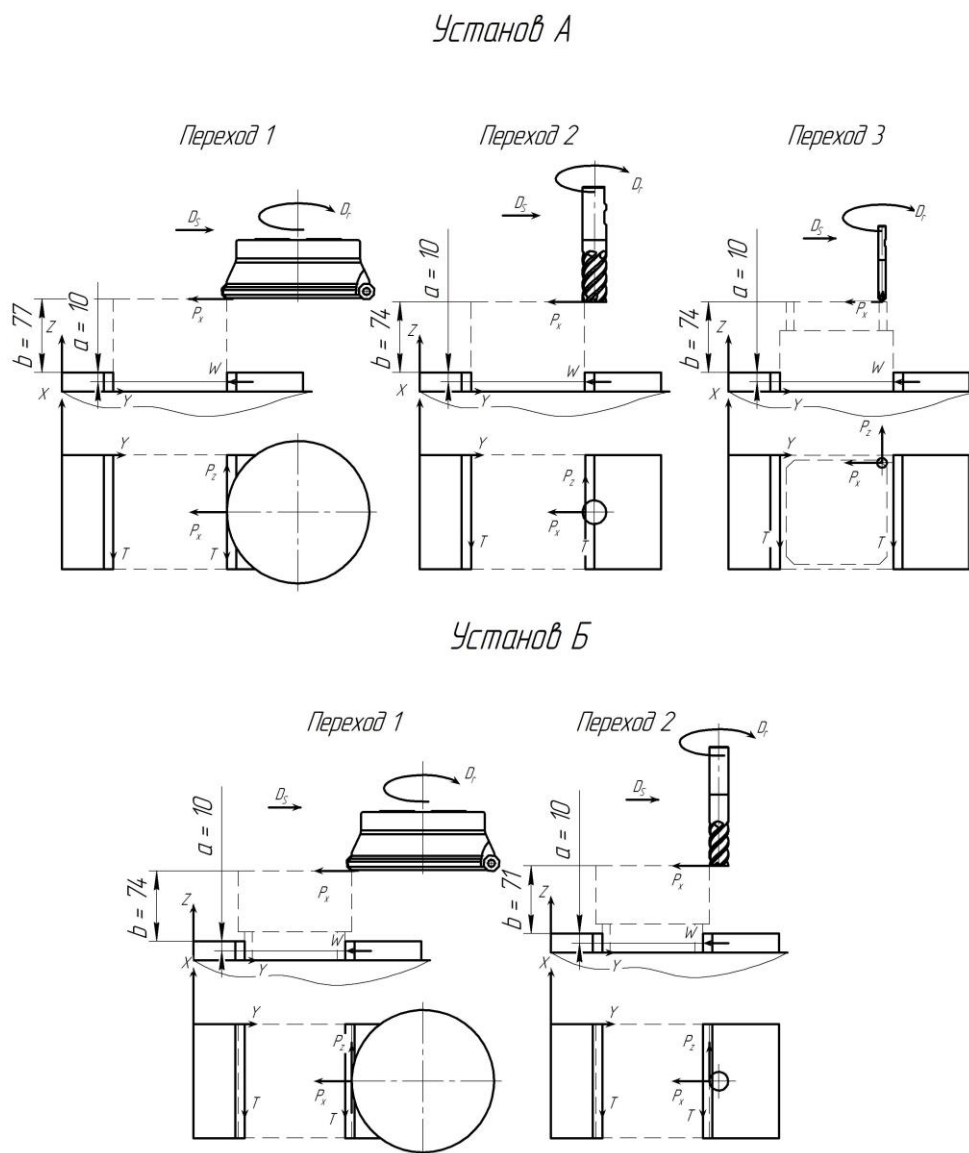


Рисунок 3.1 - Точки приложения и направления сил резания

Далее рассчитаем коэффициент запаса, который рассчитывается как произведение семи коэффициентов, которые определим согласно [2], получим значение $k = 2,52$. Для определения силы зажима составим и решим нижеприведенную систему уравнений:

$$\begin{cases} \Sigma M_{OX} : P_x b - W_1 a = 0 \\ OX : P_z - 2T = 0 \end{cases}, \quad (3.1)$$

где P_x, P_z - составляющие силы резания;

a, b - геометрические размеры со схем;

W_1 - сила закрепления;

T - сила трения.

Силы трения, возникающие между губками и заготовкой равны произведению силы зажима на коэффициент трения, который примем равным 0,25: $T = W_2 f$;

Получаем:

$$W_1 = P_x b / a, \quad W_2 = P_z / 2f.$$

Исходя из полученных формул рассчитаем предварительные значения сил закрепления, пользуясь таблицей 2.7 и рис. 3.1. Запишем полученные данные в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 - Значения сил закрепления для всех переходов

Сила	Установ А			Установ Б	
	Переход 1	Переход 2	Переход 3	Переход 1	Переход 2
$W_1, \text{ Н}$	10910	33200	7230	10490	12590
$W_2, \text{ Н}$	5666	17950	3906	5666	6806

Исходя из данных, максимальная сила закрепления необходима на втором переходе, значит именно для него будем проводить дальнейшие расчеты. Рассчитаем окончательное значение силы закрепления, умножив W_1 на коэффициент запаса k : $W = 33200 \cdot 2,52 = 83670 \text{ Н}$.

Рассчитаем силу Q , которую необходимо развить силовому приводу для осуществления силы зажима. Для этого воспользуемся следующей системой уравнений и схемой (рис. 3.2):

$$\begin{cases} \Sigma M_{OX(A)} = 0: We - Nd = 0 \\ OY: -W + Q - F_{\text{тр}} = 0 \end{cases}, \quad (3.2)$$

где W - сила закрепления;

e, d - геометрические параметры;

N - сила реакции в направляющих,

Q - сила привода;

$F_{\text{тр}}$ - сила трения, $F_{\text{тр}} = Nf_1$;

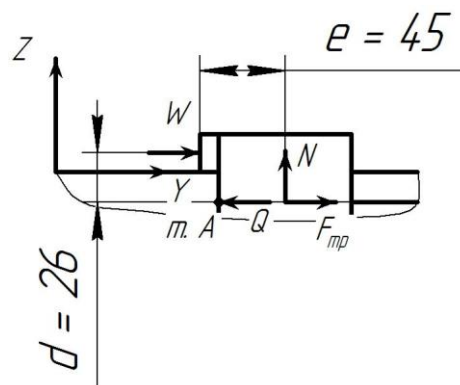


Рисунок 3.2 - Определение силы Q

Далее, выразив необходимые величины из уравнений 3.2, получим, что $Q = W + F_{\text{тр}}$;

Примем f_1 - коэффициент, учитывающий трение между подвижной губкой и направляющими 0,16.

$$Q = W(1 + ef_1 / d) = 83670 \cdot (1 + 45 \cdot 0,16/26) = 106800 \text{ Н};$$

Рассчитаем параметры силового элемента, в качестве которого примем гидроцилиндр с давлением $p = 6 \text{ МПа}$ [3, с.147]: $D = 2(68600/3,14 \cdot 4 \cdot 0,9)^{1/2} =$

= 158,721 мм. Принимаем стандартные диаметры штока и поршня согласно стандарту [7].

$D = 160$ мм, $d = 50$ мм, а ход поршня приравняем к $S_Q = 30$ мм.

Для расчета точности приспособления используем известную формулу [5], где погрешности базирования и закрепления в нашем случае будут сведены к нулю. Далее для определения погрешности, вносимой приспособлением в общую погрешность при обработке составим уравнения размерных цепей (рис. 3.3).

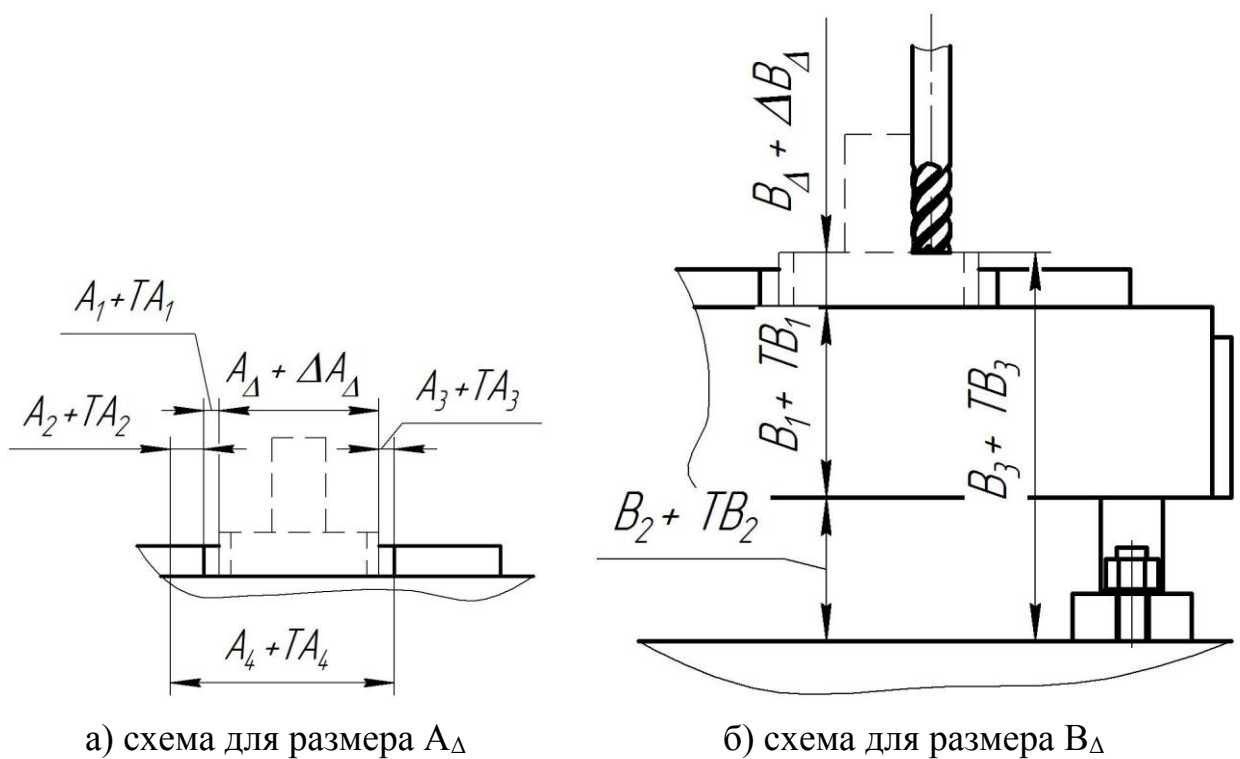


Рисунок 3.3 - Схема к расчетам погрешностей

$$A_{\Delta} = A_4 - A_1 - A_2 - A_3, \quad (3.3)$$

где A_{Δ} - замыкающий размер;

A_1, A_3 - толщины сменных губок;

A_2 - расстояние от сменной губки до отверстия в корпусе;

A_4 - размер корпуса.

Погрешность замыкающего размера в данном случае будет равна сумме допусков составляющих, указанных в формуле 3.3 и с учетом вероятностного подхода к оценке погрешностей будет равна:

$$\Delta A_{\Delta} = 0,5(TA_1^2 + TA_2^2 + TA_3^2 + TA_4^2)^{1/2}, \quad (3.4)$$

где TA_1, TA_2, TA_3, TA_4 - допуски на соответствующие размеры.

$$\Delta A_{\Delta} = 0,5 \cdot (0,014^2 + 0,02^2 + 0,014^2 + 0,04^2)^{1/2} = 0,024 \text{ мм.}$$

Допуск на этой операции для $TA^{005, A} = 0,87$ мм, а $0,3TA^{005, A} = 0,261$ мм, что меньше ΔA . Это означает что для получения горизонтальных размеров данное приспособление подходит. Составим уравнение, как приведено выше, однако, уже для размера ΔB :

$$B_{\Delta} = B_3 - B_2 - B_1, \quad (3.5)$$

где B_{Δ} - замыкающий размер отмеряемый по вертикали;

B_1 - размер корпуса;

B_2 - высота стойки;

B_3 - расстояние от стола до инструмента.

Определим погрешность:

$$\Delta B_{\Delta} = 0,5(TB_1^2 + TB_2^2 + TB_3^2)^{1/2}, \quad (3.6)$$

где TB_1, TB_2, TB_3 - допуски на размеры B_1, B_2, B_3 .

$$\Delta B_{\Delta} = 0,5 \cdot (0,087^2 + 0,074^2 + 0,052^2)^{1/2} = 0,063 \text{ мм.}$$

Эта погрешность также меньше $0,3T\check{I}^{005, B} = 0,52$ мм, что значит, что приспособление подходит по точности для выполнения данных операций.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Спроектируем метчик для операции 010 по обработке резьбы M14-6H. Все расчеты будем проводить по методике [12]. Для начал выберем число перьев метчика. Их выбираем в зависимости от материала заготовки и диаметра резьбы $z = 3$. Далее определим крутящий момент, возникающий при нарезании резьбы: $M = 61$ Н·м. При сравнении с критическим значением момента $M_{кр} = 64$ Н·м получившийся момент оказывается меньше, что говорит о возможности обработки данного резьбового отверстия одним метчиком. Далее определим параметры метчика и занесем их в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 - Параметры метчика

Параметр	Значение
Допуск среднего диаметра резьбы метчика, мм	0,060
Средний диаметр резьбы метчика, мм	12,867 ^{-0,060}
Наружный диаметр метчика, мм	14,210 ^{-0,090}
Диаметр у торца метчика, мм	11,725
Длина части, предназначенной для резания, мм	6
Угол ϕ , град.	11°42'
Углы передние и задние, град.	6
Величина падения затылка, мм	1,56
Диаметр хвостовика, мм	11,2
Сторона квадрата хвостовика [8], мм	9
Высота квадрата хвостовика, мм	12
Общая длина метчика [6], мм	95
Расстояние от торца места сварки, мм	26

4 НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лазер является одним из величайших изобретений XX века и дальнейшее развитие этого изобретения является значимой главой в развитии науки, техники и технологии. Лазерное излучение, представляющее собой универсальный источник энергии, проявляющийся в сильно концентрированном виде, стало привлекательным инструментом для различного рода работ, что доказало и продолжает доказывать его громадный потенциал. Данное утверждение иллюстрируется применяемостью лазера в метеорологических, атмосферных, геологических датчиках, в оптике и спектроскопии, медицине, связи, а также для синтеза и обработки материалов.

Разработка первого действующего рубинового лазера в 1960 году привлекла широкое внимание научного и инженерного сообщества, так как данная установка предложила источник когерентного электромагнитного излучения в видимой области спектра, что давало огромное число возможностей к применению лазера на практике. С 1962 по 1968 гг. последовал период становления лазерной техники. Именно тогда были разработаны все основные типы лазеров: полупроводниковый, твердотельный, газовый, а также были описаны почти все лазеры применяющиеся сегодня. Способность лазерного излучения плавить и испарять небольшие порции материала подсказала возможность применения этой технологии для сварки, резки и сверления. Необычные свойства лазера предлагались тогда использовать также для обеспечения средствами связи, в системах хранения данных, для зондирования, спектроскопии, интерферометрии, голографии. Однако в 60-е гг. лазеры все еще оставались хрупким и не всегда надежными устройствами. Те лазеры были пригодны только для научно-исследовательских целей и совершенно непригодны для промышленного применения.

Можно считать, что после 1968 г. в мире появились достаточно надежные образцы лазеров. Так к середине 1970-х гг. более надежные лазеры стали доступны для практического применения в промышленных условиях для резки, сварки, сверления и маркировки. В 1980-х и начале 1990-х гг. лазеры стали применяться для термической обработки, легирования, наплавки, но низкая скорость обработки не дала возможности широкого применения этой технологии в промышленности. Следует отметить однако, что в этот период произошла революция в области полупроводниковых лазеров. Тогда лазер перестал быть привилегированным объектом, используемым только учеными и промышленниками, а плотно занял место на полках магазинов в виде компакт дисков, лазерных принтеров и сканеров штрих кодов. В последнее время используют лазеры и в медицине, начиная от общей и косметической хирургии, офтальмологии и заканчивая применением в клинических лабораториях для рутинного спектроскопического анализа тканей. Таким образом, развитие лазеров с первых устройств 1960 г. был феноменальным быстрым. Лазеры эволюционировали от хрупких лабораторных приборов до надежных промышленных инструментов.

В последние годы ведется широкая автоматизация многих производств, не обошло это нововведение и лазеры. В автомобильной промышленности, например, использование роботов в сочетании с лазерами позволили повысить производительность, улучшить качество и внести изменения в новые модели, снизив тем самым их цену. Возможные улучшения в автоматизации работы лазеров связаны с разработкой новых более надежных и мощных лазеров и периферийного оборудования, которые могут адаптироваться к промышленной среде. Для того, чтобы более эффективно конкурировать на рынке, предприятию следует иметь лазерное оборудование, которое является более точными, надежными и гибкими, чем существующие традиционные системы. Это утверждение отражено в общем мировом рынке лазеров, составившем в 1995 г. 1,8 миллиарда долларов [19],

большее число из проданных лазерных установок являлось особо мощными лазерами для промышленных предприятий.

Использование мощных лазеров обычно ограничивается небольшим кругом операций, таких как сварка, резка и сверление. Тем не менее, интерес к воздействию лазера на макро- и микроструктуру материала в последнее время возрос многократно. Интригующим аспектом этого роста является то, что это было и продолжает быть результатом работы ученых и инженеров из широкого круга областей и дисциплин, среди которых квантовая электроника, материаловедение, химическая физика и микроэлектроника. Возможно, взрывной рост лазерных технологий как раз и обусловлен широко развитым междисциплинарным взаимодействием.

В целом, применение лазеров для обработки материалов можно разделить на две группы: первая группа это работы, требующие доставки ограниченных и хорошо контролируемых количеств энергии в зону обработки, это, например, отжиг и травление полупроводников, при скрайбировании подложек интегральных схем, маркировка электронных изделий; вторая группа это лазерные работы нуждающиеся в значительном количестве энергии, в первую очередь, для производства требуемых фазовых превращений в заготовке, что требуется при резке, сварке, термической обработки и наплавки. Средняя мощность и КПД лазерного излучения для первой группы работ не имеют решающего значения, тогда как для второй группы являются важнейшими характеристиками. Однако в обоих случаях время обработки и размер лазерного пятна имеет важное значение. Из-за менее жестких требований по мощности работы первой группы могут быть проведены на более широком спектре установок, чем работы второй группы. Неполный перечень лазеров, пригодных для первой группы работ включает в себя: эксимерные, ионные лазеры, лазеры на парах металлов, твердотельные, полупроводниковые, молекулярные лазеры.

Из-за ограничения по мощности и эффективности для процессов лазерной сварки, резки и термообработки используют в основном

твердотельные и молекулярные лазеры. Потенциалы, однако, лазера на неодимовом стекле и лазера на монооксиде углерода, способных обеспечить высокую среднюю мощность и высокий КПД используются не в полной мере. Кроме того, эксимерные лазеры, по всей видимости, перспективны для будущего, поскольку имеют высокую эффективность и могут обеспечить импульсное излучение с высокой средней мощностью и высоким поглощением для большинства металлов. С другой стороны многие газодинамические и химические лазеры, способные обеспечить высокую среднюю мощность излучения, не пригодны для промышленного применения, так как требуют открытого цикла работы с очень высоким потреблением газа. Кроме того, некоторые из газов, такие как пары плавиковой кислоты являются токсичными и плохо поддаются переработке.

С учетом указанных выше преимуществ и недостатков, связанных с различными типами лазеров, как в прошлом, так и в ближайшем будущем CO₂ и Nd:YAG лазеры будут по-прежнему играть ведущую роль в промышленности. Другие лазеры малой мощности с их ограниченной сферой применения будут продолжать существовать как решения узконаправленных проблем. Такие лазеры сегодня используют для получения оптимальных свойств и крупномасштабного производства наноматериалов, синтеза и осаждения тонких пленок сверхпроводящих и сверхтвердых материалов, в том числе алмазов и подобных материалов. Лазеры также находят и относительно новые применения, например, при очистке поверхности и удалении покрытия в атомной и аэрокосмической промышленности, текстурировании поверхности в печатной и текстильной отраслях. Эти применения лазеров уже проявили себя, однако им нужно утвердиться с точки зрения экономической целесообразности.

Следует сказать, что в последнее время наличие высокой мощности Nd:YAG лазера создало революцию в области лазерной обработки материалов. Эти маневренные лазеры обеспечивают безграничные

возможности во время их использования в работах, связанных с поверхностной обработки, такой как закалка, наплавка, легирование.

Модификация поверхности детали может обеспечить экономически эффективное повышение производительности. Появление производственных инструментов, таких как лазеры и связанных с ними методов обработки обеспечило возможности для подобных модификаций. В мировой экономике стремятся продлить жизнь старых изделий, что возможно в виде поверхностной обработки, которая обеспечивает точные, воспроизводимые и однородные свойства. Таким образом, распространение понятия продления срока службы компонентов, благодаря техническому обслуживанию и ремонту быстро растет, и становится общепринятой практикой в современном мире. Лазер как технологически мощный инструмент стоит в центре этой технологии с огромным потенциалом для решения данной задачи.

При традиционных способах термической обработки, заготовку нагревают до необходимой температуры, а затем охлаждают в масле или воде, чтобы достичь желаемой твердости. В большинстве промышленных применений, износ происходит только на отдельных поверхностях детали, поэтому достаточно, чтобы только эти поверхности имели достаточную твердость [16]. Быстрый прогресс в области лазерной техники в последнее десятилетие сделали возможным его применение для выполнения различных операций, таких как термическая обработка, легирование и наплавка на поверхностях материалов, что приводит к повышению физических свойств поверхности. Поскольку лазер является дорогим источником энергии, он используется только в тех случаях, когда он предлагает некоторые технические и/или экономические выгоды по сравнению с традиционными методами. Преимущество использования лазера для обработки поверхности происходит от его возможности быть точно направленным и его способности обеспечить доставку необходимого количества теплоты к нужным областям. В лазерной термообработке, которая включает в себя использование лазера в

качестве источника тепла, энергия лазера применяется для упрочнения необходимых поверхностей детали, тогда как все остальные части детали действуют в роли поглотителя тепла. Таким образом вместе с высокой твердостью поверхностных слоев детали удается сохранить все полезные физико-механические свойства остальной части. Лазерное поверхностное упрочнение не только повышает износостойкость материала, но и при определенных условиях повышает усталостную прочность из-за сжимающих напряжений, возникающих на поверхности материала.

Закалка стали обусловлена изменениями при температуре в кристаллической решетке железа, а также получением различных соединений углерода и железа. Чистое железо существует в трех твердых фазах стабильных в определенных температурных диапазонах. При температурах ниже 912 °С железо имеет объемно-центрированную кубическую (ОЦК) решетку и называется α -железо. От 912 до 1394 °С оно существует в виде структуры γ -железа с гранцентрированной кубической решеткой. От 1394 °С до температуры плавления 1538 °С железо существует как δ -железо с ОЦК решеткой.

Стали являются сплавом железа и углерода, имеющим содержание углерода в интервале от 0,08 до 2%. Часто они содержат легирующие элементы, которые добавляются для улучшения свойств сталей, и эти элементы активно влияют на фазовые превращения. При нормальных условиях α -железо растворяет до 0,006% углерода. Стали, прошедшие нормализацию (медленно охлажденные) обычно содержат 0,028% С в ОЦК решетке с остатком в виде карбида (Fe_3C). Фазу богатую железом называют феррит, а карбид железа - цементит. В большинстве случаев пластинчатая структура феррита и цементита имеет название перлита.

Когда сталь нагревают до температуры, находящейся в диапазоне температур аустенизации, т.е. в области устойчивости γ -железа, растворимость углерода увеличивается. Решетка γ -железа может растворить

более 2% углерода при 1148 °С. Этот высокотемпературный раствор γ -железа и углерода называется аустенит и имеет решающее значение для закалки стали.

Если фаза аустенита охлаждается очень быстро, так что диффузия углерода затруднена, то аустенит переходит в ОЦК решетку, сохраняя свой углерод. Поскольку ОЦК решетка α -железа не может вместить этот углерод, решетка перестраивается в тетрагональную форму. В результате подобных превращений возникает структура под названием мартенсит. Поскольку эта структура очень тверда и хрупка во многих случаях проводят последующий подогрев материала с целью уравнивания структуры. Эта операция носит название отпуска. После отпуска структура материала содержит карбиды с содержанием около 0,25% углерода, оставшегося в мартенсите.

Твердость мартенсита связана с содержанием в нем углерода. Таким образом, например сталь 50 с 0,5% С без легирующих элементов образует мартенсит с твердостью 61 HRC, а сталь 50ХГНМ, содержащая Cr, Ni и Mo достигнет при закалке точно такой же твердости. Легирующие элементы стали 50ХГНМ улучшают свойство материала, называемое прокаливаемостью, которое является показателем способности стали к закалке. Например, предположим, что две детали из стали 50 и 50ХГНМ нагреваются до температуры образования аустенита. Для того, чтобы полностью превратить структуру стали 50 в мартенсит она должна быть охлаждена от 900 до 500 °С в течение 1 с, в то время для стали 50ХГНМ это время может растянуться до 10 с. Из величины прокаливаемости также следует, что в качестве среды для закалки стали 50 следует использовать воду, а также, что толстый пруток стали 50 закалить труднее, чем подобный пруток, но из стали 50ХГНМ.

В большинстве случаев не требуется упрочнения всей детали, по причине того, что лишь небольшие участки изделия подвержены воздействию значительных нагрузок, следовательно, только четко определенные небольшие участки заготовки должны иметь высокую

твердость. Также предпочтительно иметь большую часть изделия жесткой и пластичной, в то время как структура мартенсита повышает твердость и хрупкость. Существуют различные методы, с помощью которых может производиться локализованное упрочнение. Примерами подобной термической обработки являются: закалка с использованием открытого пламени, индукционный нагрев и лазер.

Из этих трех методов упрочнения, упрочнение пламенем имеет плохую повторяемость, трудности с охлаждением и негативно влияет на окружающую среду. При индукционной закалке происходят значительные искажения детали из-за глубокого проникновения теплоты в материал. Лазерный луч же обладает уникальными свойствами для нагрева поверхности. Электромагнитное излучение лазерного луча поглощается в течение первых нескольких атомных слоев для металлов и, кроме того отсутствуют вихревые токи или утечки излучения за пределами области, определенной оптической системой лазера, т. е. приложенная энергия может быть размещен на поверхности только там, где это требуется. Когда лазерный луч падает на поверхность, он создает очень интенсивные потоки энергии, и связанный с ними градиент температуры достаточно высок, так что необходимость в дополнительной закалочной среде отпадает, то есть незакаливаемый объем детали играет роль радиатора и отводит тепло из обрабатываемой зоны. Отсюда проистекают основные преимущества лазерной закалки: достаточно высокая скорость обработки; из-за небольшого подвода тепла искажения формы и размеров минимальны; ненужность закалочной среды; выборочное упрочнение различных частей детали; увеличение долговечности; не требует последующей обработки; отсутствует загрязнение; процесс поддается компьютерному управлению.

Основными параметрами процесса лазерной термообработки являются: мощность лазера, диаметр луча, поглощающая способность материала заготовки и скорость перемещения лазера. Теплофизические свойства материала играют главную роль. Черные металлы не являются хорошими

поглотителями инфракрасного диапазона электромагнитного излучения. Поглощение лазерной энергии ограничена в пределах нанометров. Следовательно имеет смысл использовать покрытия для увеличения поглощающей способности материала. Идеальное покрытие должно выдерживать температуру обработки и не должны иметь никакого вредного воздействия на готовую деталь. Химические покрытия, такие как фосфат марганца, краски из графита, кремния и углерода уже давно успешно применяются в качестве подобных покрытий. Из этих покрытий, графит и оксиды обладают более высокой термостойкостью по сравнению с другими покрытиями. Все известные покрытия имеют свои ограничения. Поскольку эффективный контроль толщины покрытия и его состава необходим для повторяемости результатов, существует потребность в дополнительном контроле, что удорожает производство. Таким образом, целесообразно выполнять лазерную термообработку без покрытий. Существуют два способа подобной обработки. Один из них использует зависимость отражательной способности стали от длины волны. По этой схеме работают лазеры на диоксиде углерода с длиной волны 10,6 мкм, а также Nd:YAG лазер.

Чистая стальная поверхность отражает 90% падающего излучения с длиной волны 10,6 мкм, в то же время при длине волны в 1,06 мкм отражение снижается до 70%. Таким образом, большее поглощение энергии приходится на более короткую длину волны. Другой способ более эффективного воздействия лазеров на металлы состоит в использовании преимуществ, которые дает поляризованное излучение. Так как вектор напряженности лазерного поля имеет компоненты параллельные и перпендикулярные к плоскости падения, то существует определенное значение угла падения, когда отражательная способность металла минимизируется. Так при значении угла падения между 70 и 80°, коэффициент поглощения составляет от 50 до 60% для параллельной компоненты и от 5 до 10% для перпендикулярной компоненты. Таким образом, направляя линейно поляризованный лазерный луч под углом падения большим чем 50° можно

существенно увеличить поглощение металлами лазерного излучения. Недостатком этого способа является необходимость в поляризации лазерного луча.

Так как черные металлы очень хорошие проводники тепла, значительные тепловые потоки, генерируемые лазерами являются наиболее подходящими для быстрого нагрева поверхности до температуры закалки с отсутствием последующих объемных изменений. Стали, которые невозможно упрочнить другими методами термообработки, могут быть упрочнены с помощью лазерной обработки. Типичные параметры для термической обработки лазера: плотность мощности от 10^3 до 10^4 Вт/см²; время воздействия в диапазоне от 0,01 до 10 с; скорость перемещения от 5 до 50 мм/с.

При лазерной закалке тепловая энергия генерируется на поверхности металлов путем поглощения лазерного излучения. Повышение температуры внутренней части металла происходит за счет теплопроводности от поверхностного слоя. Следовательно, если скорость поглощения тепла и тепловые свойства материала известны, можно вычислить градиент температуры в материале. Это имеет существенное значение, так как можно предсказать результаты лазерного упрочнения и достичь оптимальных параметров лазерной обработки, таких как плотность мощности, скорости сканирования и размера пятна. Для получения необходимого закаленного слоя целесообразно использовать высокую плотность мощности и высокую скорость сканирования для сталей с низкой прокаливаемостью, а стали с повышенной прокаливаемостью могут быть обработаны с более низкой плотностью мощности и скоростью сканирования.

Когда материал нагревается, он деформируется из-за теплового расширения. Если температура не одинакова по всему объему материала, то это приводит к искажению формы детали. Поскольку напряжения, вызывающие пластическую деформацию и тепловое расширение материала зависят от температуры, это в конечном итоге приводит к искажению

образца с внутренними напряжениями внутри. Мартенситное превращение в поверхностном слое нагретого металла вызывает сжимающие напряжения на поверхности и растягивающих напряжений внутри.

После лазерной закалки в остаточном аустените плотность дислокаций возрастает, кроме того некоторое количество остаточного аустенита распределяется между зернами мартенсита в виде некоего гало. Кроме того, присутствует два вида мартенсита: двойникованный и реечный, сосуществующие в одной зоне. При лазерной закалке отмечается значительное увеличение количества остаточного аустенита. И если при обычной закалке аустенит имеет твердость 180-200 НВ, то при лазерной закалке это значение выше. Остаточный аустенит имеет два пути образования: дислокационный и диффузионный. Наличие остаточного аустенита в закаленных лазером материалах значительно снижает разупрочнение при повышении температуры.

Из-за быстрого нагрева в области воздействия лазера, существует высокая степень перегрева, ведущего к увеличению движущей силы процесса закалки. Центры кристаллизации в аустените постоянно увеличиваются в числе, но имеют очень мало времени для роста. Эта структура в конце концов превращается в утонченной мартенсит. Также присутствует высокий уровень неоднородности содержания углерода в аустените, приводящей к различной температуре мартенситного превращения в разных микрizonaх. Области с низким содержанием углерода превращаются в мартенсит первыми. Поскольку мартенситное превращение является атермическим преобразованием, то мартенсит может образовываться только в зонах постоянного содержания углерода. Так как мартенсит не растет плавно в направлении градиента углерода, то геометрическая форма мартенсита разрушается.

По сравнению с традиционными методами закаливания, мартенсит при лазерной обработке имеет мелкозернистую структуру. Остаточный аустенит тверд, а его удельный вес увеличен. Плотность дефектов кристаллической

решетке очень сильно увеличена, присутствует наличие ячеистой дислокационной структуры.

Теплопроводность играет очень важную роль для всех типов лазерной обработки, а для поверхностного упрочнения это особенно важно. Существует несколько теоретических моделей для установления взаимосвязи между параметрами лазерной обработки и распределением температуры и твердости. Например, существует одномерная модель с использованием полубесконечной плоской пластины, имеющая решение для равномерного источника тепла. Данная модель имеет ограничение, связанное с толщиной закаливаемой пластины и коэффициентами теплопроводности материала и времени обработки. Эта модель отлично подходит для многих лазеров, однако для получения более точного результата теплового распределения необходима двух- и трехмерная модель.

Также существует комплексная модель [20], которая включает в себя возможность прогнозирования любых микроструктур, имеющих место после лазерной термической обработки. В этой модели используется усовершенствованный 3D генератор сетки для моделирования процессов закалки на сложных поверхностях. Распределение температуры от времени в работе определялось решением уравнений Фурье. Лазерное поверхностное упрочнение происходило без плавления или испарения поверхности детали и взаимодействии лазера и материала ограничилось оценкой теплового потока в объеме за счет теплопроводности от поверхности. Кинетика преобразования перлита в аустенит определялась, соответственно, по закону диффузии для перлитного превращения в аустенитной фазе и вторым уравнением Фика. Уравнение теплопроводности и уравнения Фика были решены путем создания двух независимых сеток. Размеры сеток учитывали критерий устойчивости двух алгоритмов, принятых для решения уравнений, и они были выбраны для того, чтобы свести к минимуму время вычисления и не потерять в точности. Исходная микроструктура материала оценивалась с помощью оцифрованных микрофотографий. Авторы разработали

автоматическую процедуру, которая способна непосредственно преобразовывать данные микроструктур, сохраненные на микрофотографии в текстовую матрицу. Каждым символом этой матрицы является ячейка сетки, которая помечена как феррит или перлит или переход между этими фазами. Симулятор данной модели реализует подпрограмму для генерации сетки. Для работы симулятора необходимо сначала установить граничные условия, а так как закаливаемая модель симметрична их можно установить только для половины модели. Благодаря этому более тонкая сетка принимается в зонах, близких к поверхности, в которых температурный градиент достаточно высок, в то время как во внутренних зонах была использована сетка с большим шагом. Это решение позволило добиться хорошей точности результатов и оптимизировать время вычислений. Моделирование проводилось с учетом лазерного луча, движущегося по прямой линии, параллельной оси шпоночного паза на расстоянии 2 мм от ее края. С учетом тематики исследования было необходимо соблюдение технологического требования производителя втулки, состоящего в упрочнении боковой поверхности шпоночной канавки, в частности, требовался закаленный слой в 1 мм, с твердостью 550 HV. Целью моделирования являлось прогнозирование глубины закалки в соответствии с параметрами лазера. Кроме того в этой работе проводились исследования по отпуску мартенситных структур, который происходит тогда, когда траектория лазерного луча вызывает повторный нагрев уже закаленной области. Надо отметить, что траектория луча является критическим фактором для успеха процесса: перекрывающихся друг друга траекторий следует избегать, и, в общем, последовательности путей должны допускать максимальную скорость охлаждения обрабатываемой области. Экспериментальная часть работы была выполнена на втулке со шпоночными пазами. Оборудованием, используемым на этой стадии был 3 кВт СО₂-лазер, также втулка была предварительно покрыта тонким слоем распыленного графита с целью повышения поглощающей способности рабочей

поверхности. Результаты эксперимента подтвердили жизнеспособность выработанной модели.

Для оценки качества закалки поверхности может использоваться модель на основе искусственной нейронной сети и конечно-элементного анализа [17], позволяющая работать с нелинейными зависимостями между различными величинами, влияющими на процесс закаливания.

Используя модель теплового распределения [18], основанную на параметрическом языке программного пакета ANSYS также удалось построить модель для определения температуры на поверхности и в глубине прямоугольного образца, которая отлично согласуется с экспериментом.

Для анализа процессов лазерной обработки необходимо воспользоваться уравнением теплопроводности. Данное уравнение из-за нелинейных зависимостей, входящих в него элементов, на сегодняшний день не имеет аналитического решения. Однако в нашем случае из-за малых размеров закаливаемой зоны и импульсного характера излучения возможно применить существующие аналитические решения упрощенного уравнения теплопроводности [9]. Данные об материале, соответствующие рассматриваемому техпроцессу и входящие в это уравнение занесем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Исходные данные для расчета

Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Теплоемкость, Дж/(кг·К)	Коэффициент отражения
7850	47	462	0,78

Проведем расчет и на основе получившейся функции, построим график распределения температуры по глубине материала. В качестве данных о лазерном источнике возьмем один из режимов работы лазерной установки: мощность излучения $P = 120$ Вт; радиус пятна лазера $r = 0,2$ мм; длительность импульса излучения $\tau = 5$ мс. Для данного случая зависимость температуры от глубины материала приведена на рис. 4.1.

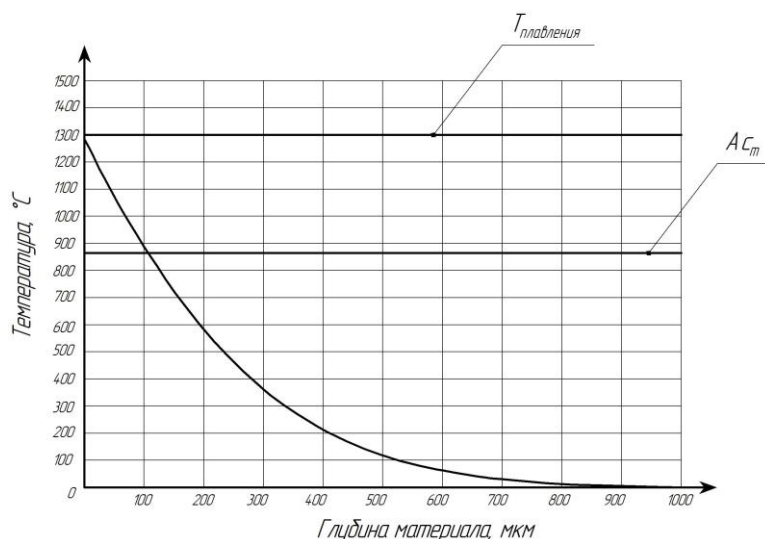


Рисунок 4.1 - Зависимость температуры от глубины материала при $P = 120$ Вт; $r = 0,2$ мм; $\tau = 5$ мс

Как видно из рисунка глубина закаленного слоя в данном случае будет составлять 123 мкм. Так как, выбранная лазерная установка способна вести обработку в нескольких режимах проведем подобные вычисления для всех случаев и занесем данные в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 - Режимы лазерного упрочнения и глубина закаленного слоя

Мощность излучения, Вт	Длительность импульса, мс	Радиус пятна закалки, мм	Глубина закаленного слоя, мкм
1	2	3	4
120	5	0,2	123
110	5	0,2	118
100	5	0,2	70
90	5	0,2	35
85	5	0,2	22

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
85	10	0,2	162
80	10	0,2	145
70	10	0,2	31
70	15	0,2	198
60	15	0,2	80
50	15	0,2	32
60	20	0,2	223
50	20	0,2	124
45	20	0,2	76
54	25	0,2	243
50	25	0,2	200
45	25	0,2	148
40	25	0,2	75
180	10	0,3	138
170	10	0,3	121
160	10	0,3	92
150	10	0,3	68
140	10	0,3	31
130	10	0,3	10
155	15	0,3	190
150	15	0,3	180
140	15	0,3	150
130	15	0,3	100
120	15	0,3	73
110	15	0,3	33
135	20	0,3	215
130	20	0,3	200

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
120	20	0,3	152
110	20	0,3	105
100	20	0,3	74
90	25	0,3	6
120	25	0,3	235
110	25	0,3	197
100	25	0,3	134
90	25	0,3	81

Как видно из таблицы 4.2, максимальная глубина закаленного слоя, равная 243 мкм, достигается при следующих режимах обработки $P = 54$ Вт; $r = 0,2$ мм, $\tau = 25$ мс, именно этот режим примем для закалки рабочих поверхностей пуансона. Продифференцировав исходное уравнение распределения температуры по времени получим уравнение скорости нагрева в зависимости от глубины.

На основе выполненных выше расчетов можно сделать вывод о том, что при лазерной закалки стали X12МФ на установке WD-M180 оптимальным по глубине закаленного слоя будут режимы со следующими значениями $P = 54$ Вт; $r = 0,2$ мм, $\tau = 25$ мс, $v = 16$ мм/с.

5 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ

В данной работе в качестве графической части содержится чертеж детали (16.БР.ОТМП.645.00.000), на котором указаны все необходимые размеры и технические требования для разработки и совершенствования техпроцесса. Разработанный чертеж метчика машинного помещен на лист 16.БР.ОТМП.645.61.000. Чертеж приспособления (16.БР.ОТМП.645.62.00.000), представляющего собой тиски для выполнения фрезерной обработки выполнено в виде сборочного чертежа, с прилагающейся к нему спецификацией, добавленной в приложении. План изготовления, включающий в себя технические требования, операционный эскиз и оборудование содержится на чертеже 16.БР.ОТМП.645.11.000. На разработанных технологических наладках (16.БР.ОТМП.645.12.000, 16.БР.ОТМП.645.13.000) представлены приспособления с закрепленной заготовкой, инструмент, а также опорные точки траектории и таблицы их координат для возможности написания управляющей программы. Результаты научных исследований (16.БР.ОТМП.645.80.000) включают в себя графики зависимостей температуры от глубины поверхности, диаграммы разброса значений закаленного слоя, а также поверхности, характеризующие распределение температурного поля и скорости нагрева по времени и по глубине. Маршрутные карты техпроцесса приведены в приложении.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

6.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Данные о материалах, операциях и оборудовании применяемом в техпроцессе сведем в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
ТП изготовления пуансона	Заготовительная	Станочник широкого профиля	Ленточнопильный станок СОМ-200	высоколегированная сталь, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)
	Фрезерная	Оператор и наладчик станков с программным управлением	Станок фрезерный DMG Mori Seiki DMC 1150 V, тиски	
	Сверлильная			
	Фрезерная чистовая			
	Шлифовальная		Координатно-шлифовальный станок HAUSER H35-400, тиски	
Термическая обработка	Термист	Лазерная установка WD-M180		

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5
	Моечная	Оператор моечной установки	Моечная машина СМ-38	
	Контрольная	Контролер станочных и слесарных работ	Система контроля OGP SmartScope CNC 500	-

6.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Проанализировав, техпроцесс занесем данные об опасных и вредных производственных факторов в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – 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
Заготовительная	движущиеся машины и механизмы	ленточное полотно станка

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3
	повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	электродвигатель станка, работающий от напряжения в сети 380 В
	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	острозаточенная поверхность режущего полотна
Фрезерная, сверлильная	повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны	пары СОЖ
Шлифовальная	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	абразивная пыль
Термическая обработка	повышенная пульсация светового потока	лазерный луч
Моечная	канцерогенные вещества	жидкость для промывки

6.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Составим таблицу средств защиты от опасных факторов как коллективных, так и индивидуальных (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
Движущиеся машины и механизмы	применение специальных ограждений, проведение инструктажа	наколенники, каска защитная, подшлемник под каску
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	надежная изоляция электропроводки, наличие предохранителей	рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	введение в техпроцесс слесарных переходов по скруглению острых углов и удалению заусенцев	рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3
Повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны	введение средств вентилирования	средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)
Канцерогенные вещества	применение канцерогенных веществ в минимально возможном количестве и с возможностью автоматического распыления и доставки	СИЗОД
Повышенная пульсация светового потока	обучение персонала для работы с аппаратурой, имеющей концентрированные источники излучения	очки защитные

6.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

Сведем класс пожара, информацию о технических средствах борьбы с пожаром и организационно-технических мероприятиях в таблицы 6.4-6.6.

Таблица 6.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующее проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Заготовительный	Ленточнопильный станок СОМ-200	В	высокая температура, задымленность, выделения ядовитых и канцерогенных паров при сгорании легкоплавких веществ	части объектов, разрушившихся при возгорании, распространение тока
Фрезерный, сверлильный	Станок фрезерный DMG Mori Seiki DMC 1150 V			
Шлифовальный	Координатно-шлифовальный станок HAUSER H35-400, тиски			
ТО	Лазерная установка WD-M180			при повреждении проводки, вредные выбросы в атмосферу из очага пожара из-за повреждения защитных сооружений
Моечный	Моечная машина СМ-38			
Контрольный	Система контроля OGP SmartScope CNC 500			

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование
песок, пенный огнетушитель	пожарная мотопомпа	аэрозольная система пожаротушения	прибор управления пожарный	пожарный шкаф

Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
респираторы, промышленные противогазы	лопата совковая, багор, ведро	извещатели пожарные

Таблица 6.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
ТП изготовления пуансона	организация пожарной охраны, проведение мероприятий по обучению сотрудников действиям во время пожара, идентификация пожароопасных веществ и определение правил их хранения и транспортирования	допустимая концентрация легковоспламеняющихся веществ, хранение пожароопасных веществ в отдельном помещении, скорейшая утилизация пожароопасных отходов, установка молниеотводов

6.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Определим антропогенные воздействия техпроцесса на различные среды и запишем список мероприятия по предотвращению негативного влияния этих воздействий (таблицы 6.7,6.8).

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологическог о процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологическог о процесса	Воздействи е техническо го объекта на атмосферу	Воздействи е техническо го объекта на гидросферу	Воздействие техническог о объекта на литосферу
1	2	3	4	5
ТП изготовления пуансона	Ленточнопильны й станок СОМ- 200	масляной туман, образующи йся из-за	забор воды из источников водоснабж ения для	образование отходов в виде стружки стали Х12МФ
	Станок фрезерный DMG Mori Seiki DMC 1150 V	необходим ости смазки	нужд оборудован	
	Координатно- шлифовальный станок HAUSER H35-400	различных частей оборудован ия, а также пары СОЖ	ия, загрязнени е воды различным и маслами	
	Лазерная установка WD- M180	образующи е пары металла при обработке лазером	и растворами	-

Таблица 6.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	ТП изготовления пуансона
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	установка в цехе вытяжек для улавливания паров различных веществ, образующихся при обработке, а после, очистка воздуха специальными фильтрами
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	с помощью сепаратора происходит отделение СОЖ от частиц металла, затем с помощью центрифуги отделяют масляные частицы от воды и запускают компоненты в последующие циклы работы
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	сбор, измельчение, брикетирование стружки и дальнейшая отправка в службу приема металлолома

Выводы:

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления пуансона, перечислены технологические операции, должности работников, используемое оборудование, применяемые материалы (табл. 6.1).

2. Были выявлены и классифицированы профессиональные риски (табл. 6.2).

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, подобраны средства индивидуальной защиты для работников (табл. 6.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта, проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара, были разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (табл. 6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (табл. 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (табл. 6.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (табл. 6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (табл. 6.8).

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Целью данного раздела является определение экономической эффективности предложенного технического нововведения, путем расчета технико-экономических показателей базового и проектного варианта техпроцесса и последующего сравнения этих показателей.

Так как в качестве нововведения в данной работе предлагается изменение термообработки, то экономический расчет будем проводить для операции 025. В базовом варианте происходит объемная закалка в печи в соответствии с термическим циклом закалки пуансона [10]. В проектном варианте предлагается заменить объемную закалку поверхностной лазерной закалкой, что приведет к увеличению долговечности изделия в 2 раза. Исходные данные для дальнейшего расчета приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Исходные параметры операции

Параметр	Базовый вариант	Проектный вариант
Оборудование	Печь СНО 15/12	Лазерная установка WD-M180
Время: $T_{шт}$, мин	216,281	69,13
$T_{маш}$, мин	188,974	60
$P_{г}$, шт	3	3
Долговечность пуансона $T_{д}$, лет	1,5	3

Весь расчет необходимый для дальнейшей оценки был проведен согласно методике [15]. В результате расчета были получены значения капитальных вложений для обоих вариантов: $K_{ВВ.ПРБ} = 494,43$ руб., $K_{ВВ.ПРП} = 43291,44$ руб., и себестоимостей изготовления одной детали равные: $C_{ПОЛБ} = 6478$ руб., $C_{ПОЛП} = 4425,93$ руб. Дальнейшую оценку будем проводить, рассчитывая необходимые параметры по формулам 7.1-7.6, которые также приведены в методике [15].

Найдем величины ожидаемой прибыли по формуле 7.1:

$$П_{ОЖ} = (C_{ПОЛБ} \cdot (T_{Д(ПР)} / T_{Д(БАЗ)}) - C_{ПОЛП}) \cdot П_{Г}, \quad (7.1)$$

Подставив все значение в формулу 7.1 получим

$$П_{ОЖ} = (6478 \cdot (3 / 1,5) - 4425,93) \cdot 3 = 25590,23 \text{ руб.}$$

Далее по формуле 7.2 найдем величину налогов:

$$Н_{ПРИБ} = П_{ОЖ} \cdot К_{НАЛ}, \quad (7.2)$$

$$Н_{ПРИБ} = 25590 \cdot 0,2 = 5118,05 \text{ руб.}$$

Тогда величина чистой прибыли будет разницей между ожидаемой прибылью и средствами, уходящими на выплату налогов: $П_{ЧИСТ} = 25590,23 - 5118,05 = 20472,19$ руб. Срок окупаемости инвестиций определим по формуле 7.3.

$$T_{ОК.РАСЧ} = (K_{ОБЩП} / П_{ЧИСТ}) + 1, \quad (7.3)$$

$T_{ОК.РАСЧ} = (43291,44 / 20472,19) + 1 = 3,115 = 4$ года. Далее рассчитываем общую текущую стоимость доходов по формуле 7.4.

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = П_{ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T П_{ЧИСТ} \cdot 1 / (1 + E)^t, \quad (7.4)$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = 20472,19 \cdot ((1 / (1 + 0,2)^1 + 1 / (1 + 0,2)^2 + 1 / (1 + 0,2)^3 + 1 / (1 + 0,2)^4)) = 522997,07 \text{ руб.}$$

Интегральный экономический эффект может быть вычислен из формулы 7.5.

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ОБЩП} = 522997,07 - 43291,44 = 9705,63 \text{ руб.} \quad (7.5)$$

Далее рассчитаем значение индекса доходности:

$$ИД = D_{ОБЩ.ДИСК} / K_{ОБЩП} = 52997,07 / 43291,44 = 1,22 \text{ руб/руб.} \quad (7.6)$$

Сравнение показателей двух вариантов наглядно представим на рис.

7.1.

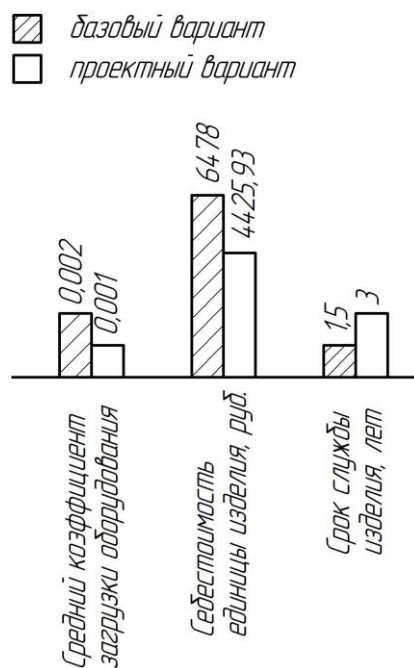


Рисунок 7.1 - Диаграмма показателей эффективности

Вывод: предложенное техническое нововведение имеет смысл, так как интегральный экономический эффект принимает положительную величину равную 9705,63 руб., а индекс доходности свидетельствует о возможности получения на каждый вложенный рубль 1 руб. 22 коп. прибыли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении работы следует отметить, что цели, поставленные во введении достигнуты, было проведено совершенствование технологического процесса изготовления пуансона включающее в себя:

1. Разработку технологической оснастки и режущего инструмента.
2. Проведение научных исследований по теме лазерной закалки.
3. Назначение режимов обработки на операцию лазерной закалки.
4. Оценку принятых решений с экономической и экологической точек зрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврутин, С.В. Фрезерное дело [Текст] : учебник для городских проф.-техн. училищ / С.В. Аврутин. - М. : Профтехиздат, 1963. - 542 с.
2. Антонюк, В.Е. Конструктору станочных приспособлений [Текст] : справ. пособие / В.Е. Антонюк. - Мн. : Беларусь, 1991. - 400 с.
3. Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя [Текст] / А.Н. Балабанов. - М. : Издательство стандартов, 1992. - 464 с.
4. Владимиров, В.М. Изготовление штампов, пресс-форм и приспособлений [Текст] : учеб. для сред. проф.-техн. училищ / В.М. Владимиров. - М. : Выш. шк., 1981. - 431 с.
5. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений [Текст] : учебн. пособие для студентов вызов машиностроит. спец. / В.А. Горохов. - Мн. : Выш. шк., 1996. - 238 с.
6. ГОСТ 3266-81. Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры [Текст]. - Взамен ГОСТ 3266-71; введ.1982-07-01. - М. : Изд-во стандартов, 2003. - 71 с.
7. ГОСТ 6540-68. Гидроцилиндры и пневмоцилиндры. Ряды основных параметров [Текст]. - Взамен ГОСТ 6540-64; введ.1969-07-01. - М. : Изд-во стандартов, 1991. - 5 с.
8. ГОСТ 9523-84 Хвостовики инструментов. Диаметры, квадраты и отверстия под квадраты. Размеры [Текст]. - Введ.1988-01-01. - М. : Изд-во стандартов, 1993. - 6 с.
9. Григорьянц, А.Г. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 6. Основы лазерного термоупрочнения сплавов [Текст] : учебное пособие для технических вузов / А.Г. Григорьянц, А.Н. Сафонов. – М. : Высш. шк., 1988. – 159 с.
10. Зубкова, Н.В. Расчет экономической эффективности [Текст]: методическое пособие / Н.В. Зубкова. - Тольятти : ТГУ, 2006. - 123 с.

11. Инструменты для точения, сверления, резьбонарезания, фрезерования и оснастка [Текст] : каталог : разработчик компания Вальтер. - Тюбинген, 2012. - 2148 с.
12. Киреев, Г.И. Проектирование метчиков и круглых плашек [Текст] : учебн. пособие / Г.И. Киреев. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 107 с.
13. Михайлов, А.В. Выбор маршрута обработки поверхностей [Текст] / А.В. Михайлов. - Тольятти : ТГУ, 2003. - 30 с.
14. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения [Текст] : учеб. пособие для машиностроит. вузов по спец. «Технологии машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / В.И. Аверченков [и др.] ; под общ. ред. О.А. Горленко. - М. : Машиностроение, 1988. - 192 с.
15. Справочник нормировщика-машиностроителя в 4 т. Т. 2. Техническое нормирование станочных работ [Текст] / под ред. С.И. Стружестраха. - М. : Машгиз, 1961. - 893 с.
16. Batahgy, A.E. Laser surface hardening of tool steels - experimental and numerical analysis [Text] / R. Ramadan, A. Moussa // Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology. - 2013. - № 2 (3). - p.p. 146-153.
17. Billaud G. ANN based model for estimation of transformation hardening of AISI 4340 steel plate heat-treated by laser [Text] / G. Billaud, A.L. Ouafi, N. Barka // Materials sciences and applications. - 2015. - № 6 (11). - p.p. 978-994.
18. Labudovic, M. Three-dimensional finite element modelling of laser surface modification [Text] / M. Labudovic, D. Hu, R. Kovacevic // Journal of Engineering Manufacture. - 2000. - № 214 (8). - p.p. 683-692.
19. Lasers in Surface Engineering [Text] / edited by D.B. Narendra. - Tullahoma : ASM International, 1998. - 599 p.
20. Tani, G. 3D modelling of laser hardening and tempering of hypoeutectoid steels [Text] / G. Tani [et al.] // Journal of laser micro/nanoengineering. - 2008. - № 3 (2). - p.p. 124-128.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			16.БР.ОТМП.645.62.00.000	Сборочный чертеж	1	
<u>Детали</u>						
		1	16.БР.ОТМП.645.62.00.001	Корпус	1	
		2	16.БР.ОТМП.645.62.00.002	Крышка штока	1	
		3	16.БР.ОТМП.645.62.00.003	Гильза	1	
		4	16.БР.ОТМП.645.62.00.004	Поршень	1	
		5	16.БР.ОТМП.645.62.00.005	Шток	1	
		6	16.БР.ОТМП.645.62.00.006	Гудка подвижная	1	
		7	16.БР.ОТМП.645.62.00.007	Гудка сменная	2	
		8	16.БР.ОТМП.645.62.00.008	Гудка неподвижная	1	
		9	16.БР.ОТМП.645.62.00.009	Стойка	1	
		10	16.БР.ОТМП.645.62.00.010	Крышка	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
		11		Винт А.М6-6дх18 ГОСТ 17475-80	2	
		12		Винт А.М12-6дх22 ГОСТ 17475-80	4	
		13		Винт А.М14-6дх28 ГОСТ 17475-80	2	
		14		Винт А.М14-6дх75-52 ГОСТ 17475-80	2	
		15		Винт А.М14-6дх80-52 ГОСТ 17475-80	2	
		16		Винт А.М16-6дх48 ГОСТ 17475-80	4	
		17		Гайка М16-6Н ГОСТ 5927-70	4	
		18		Гайка М30-6Н ГОСТ 15521-70	1	
		19		Манжета 1-60 x 50-1 ГОСТ 14896-84	2	
16.БР.ОТМП.645.62.00.000						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Ковров				
Пров.		Щипанов				
Н.контр.		Виткалов				
Утв.		Бобровский				
ТУСКИ				Лит. Лист Листов		
ТГУ, ИМ,				Б 1 2		
гр. МСБ-1203						

Цех		Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции		Обозначение документа									
Б		Код наименования обработки														
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т лз.	Т шт.	Н расх.
Обозначение код																
0 01	Сверлить отверстие $\phi 14,215 \pm 0,215$ глубиной $16 \pm 0,2$, сверлить 2 сквозных отв. $\phi 11,215 \pm 0,215$, рассверлить 2 отв. $\phi 18,215 \pm 0,215$ на расстоянии $10 \pm 0,2$ от установочной плоскости.															
02	сверлить 2 сквозных отв. $\phi 16,215 \pm 0,215$, зенковать 2 отв. с верхним диаметром $\phi 19,74 \pm 0,26$, сверлить 2 сквозных отв. $\phi 11,09 \pm 0,09$, зенковать 2 сквозных отв. $\phi 11,871 \pm 0,0215$,															
03	развернуть 2 сквозных отв. $\phi 12,025 \pm 0,009$. Перустанднить заготовку. Сверлить 2 отв. $\phi 12,215 \pm 0,215$ на расстоянии $12 \pm 0,1$ от установочной плоскости, зенковать 2 фаски $1 \times 45^\circ$,															
04	нарезать резьбу М14-6Н в 2 отв. на расстоянии $19 \pm 0,1$ от установочной плоскости, зенковать 2 фаски $2 \times 45^\circ$.															
Т 05	Туски Safeway PQV-130S, 391390 сверло Walter DC150-03-14.000A0-WJ30TA, 391390 сверло Walter A71911FT-18,															
06	391390 сверло Walter A3379XPL-16, 391690 зенковка с углом 90° Walter E68191IN-15, 391390 сверло Walter DC150-03-12.000A0-WJ30RE,															
07	391690 зенковка с углом 90° Walter E7819-20S, 391690 зенкер Walter E111-1175, 391790 развертка Walter F134.2-12, 391391 метчик машинный М14-6Н. 393450 нутромер Syivas Ultima															
08	393140 вставка М 14 ПР 6Н ГОСТ 17763-72, 393140 вставка М 14 НБ 6Н ГОСТ 17763-72, 393311 штангенциркуль Mitutoyo AD 500-706-11, шаблон для измерения фасок															
09																
А 10	XX	XX	015	4260 Фрезерная чистовая												
Б 11	3816		DMG Mori	Seiki	DMC	1150	V	3	15292	320	1P	1	1	1	1	1
0 12	Фрезеровать контур в размер $60,986 \pm 0,0135 \times 33,989 \pm 0,011$, фрезеровать 3 плоскости под углом $3^\circ \pm 30'$ на высоте $66,2 \pm 0,37$, фрезеровать 2 ребра с размерами $0,5 \pm 0,03 \times 0,87 \pm 0,125$															
13	фрезеровать галтели радиусом $1,5 \pm 0,01$, фрезеровать скругления $1,5 \pm 0,01$, фрезеровать фаску $1,4 \times 45^\circ \pm 0,02$															
Т 14	Туски Kurt Hydraulic VersatileLock Vise 3600H, 391890 фреза со сменной головкой Walter H2EC38217-E10-10-0.5, 391890 фреза угловая Р6М5, 391890,															
15	фреза для обработки галтелей Walter H3068118-15, 391180 фреза со сферическим концом Walter P3166017-3, 393311 штангенциркуль Mitutoyo AD 500-706-11, 3															
16	393410 микрометр Micsomag 40 EWR, угломер Syivas S239, шаблон галтельный															
17																
А 18	XX	XX	020	4130 Шлифовальная												
Б 19	38131		HAUSER	H35-400	3	15292	320	1P	1	1	1	1	1	1	1	1
МК	Маршрутная карта															

Дцбл.	Взам.	Подл.																	
Цех	Уч	РМ	Опер.	Код наименования операции		Обозначение документа							Обозначение код						
А	Б	К/М	Код наименования детали, сб. единицы или материала	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз.	Т шт.					
01																			
02																			
03																			
04																			
05	XX	XX	025																
06						320	1P	1	1	1									
07																			
08																			
09	XX	XX	030																
10						320	1P	1	1	1									
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
МК	Маршрутная карта																		