

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
Направление 15.03.01 «Машиностроение»  
Профиль «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему:

Технологический процесс изготовления пуансона штампа фланцовки

Студент	А.А. Блинов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	А.В. Щипанов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Н.В. Зубкова	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	К.Ш. Нуров	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.Г. Виткалов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

**Допустить к защите**

И.о. заведующего кафедрой  
к.т.н, доцент

\_\_\_\_\_ А.В. Бобровский  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

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: Блинов А.А. \_\_\_\_\_ гр. МСб-1203 \_\_\_\_\_

1. Тема: Технологический процесс изготовления пуансона штампа фланцовки
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_ 2016 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе \_\_\_\_\_

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*
- 4) *Научные исследования*
- 5) *Описание графической части работы*
- 6) *Безопасность и экологичность технологического объекта*
- 7) *Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

# Аннотация

УДК 621.98.074

Блинов А.А.

«Технологический процесс изготовления пуансона штампа фланцовки»

В выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс изготовления пуансона для штампа вытяжки 85216524387009 используемого на предприятии. Для каждой операции был подобран инструмент и технологическая оснастка, было разработано станочное приспособление. Так же проводились исследования по упрочнению детали, в результате которых был выбран метод поверхностного плазменного упрочнения пуансона. Произведен сравнительный анализ различных методов упрочнения поверхности и выполнен экономический расчет.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель работы.....	5
1. Описание исходных данных.....	7
2. Технологическая часть работы.....	14
3. Проектирование приспособления.....	18
4. Научные исследования.....	21
5. Описание графической части работы.....	40
6. Безопасность и экологичность технологического объекта.....	41
7. Экономическая эффективность работы.....	50
Заключение.....	55
Список используемой литературы.....	56
Приложения: технологическая документация.....	58

## Введение, цель работы

В условиях непростой экономической и политической ситуации, сложившейся в стране и мире в последние годы, одним из острых вопросов стоит повышение эффективности и конкурентоспособности производства за счёт сокращения экономических затрат. Чтобы достичь положительных финансовых показателей, предприятиям, как правило, приходится искать новые методы улучшения производительности необходимые для изготовления своей продукции. В наше время уже доступно огромное количество разумных решений, которые помогут добиться нужных результатов. Далеко не секрет, что многие иностранные компании ушли далеко вперёд в этих вопросах. Но, к сожалению, в России эти методы развиваются не так стремительно. Для того чтобы не отставать от прогресса, необходимо внедрять в производственный процесс уже проверенные временем методы и способы повышения эффективности, которые успешно применяются на зарубежных предприятиях. Однако, чтобы оставаться независимыми от различных проблем в экономике и политике, в России был взят курс на импортозамещение и развитие отечественных технологий и разработок.

Во многих случаях технически и экономически оправдана технология поверхностного упрочнения деталей. При этом целесообразней всего упрочнять деталь не полностью. Достаточно будет закалить наиболее нагруженную рабочую поверхность детали. Для поверхностного упрочнения в промышленности обычно применяют высокочастотную и газопламенную термообработку. Так же помимо этих видов термообработки существует ещё лазерная и объёмная закалка. Но всё же в настоящий момент на производствах оснастки широко применяется традиционная закалка в печи, которая имеет ряд своих недостатков: значительные энергозатраты, длительность процесса, необходимость выполнения дорогостоящих

финишных операций, дополнительная логистика и т.д. Рассматривались так же варианты закалки лазерным лучом и плазменной дугой. Так как деталь является частью штампа, то с экономической точки зрения целесообразней всего было использовать более новые, совершенные способы термоупрочнения. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с закалкой в печи. Но чтобы выбрать наиболее оптимальный способ требовалось провести эксперименты, на основе которых можно было наглядно сравнить методы поверхностной закалки. Исследовалась микроструктура различных образцов материалов. Проводились замеры глубин упрочненного слоя. Изучались прочностные и физико-механические свойства материалов, а так же сравнивалась твердость каждого из образцов.

Лазерная и плазменная закалки показали, что являются лучшим вариантом упрочнения для штамповой оснастки, однако область соприкосновения лазерного луча все же меньше чем у плазменной дуги. Исходя из проведенных экспериментов, можно сделать вывод, что плазменная закалка для выбранного пуансона подойдет лучше всего. Дело в том, что пуансон имеет сложно-профильную поверхность и закалка с использованием плазменной дуги механическим способом, работающая по программе будет отличным решением. К тому же не потребуется большого количества времени чтобы обработать всю рабочую поверхность.

Цель работы – разобраться в современных методах упрочнения поверхностей штамповой оснастки и выбрать самый оптимальный.

# 1. Описание исходных данных

В предложенной выпускной квалификационной работе рассматриваем деталь – пуансон, который является частью штампа фланцовки. Пуансон предназначен для формообразования детали из листового металла – кронштейна рулевого управления. Материалом пуансона является конструкционная сталь X12M1. Твёрдость рабочей поверхности – 57...61 HRC. Деталь имеет вспомогательные и рабочие поверхности. К вспомогательным поверхностям относятся: полки, крепёжные отверстия, пазы, фаски, штифтовые отверстия. А рабочие поверхности непосредственно участвуют в формообразовании изготавливаемой детали – кронштейна.

В процессе изготовления пуансон подвергается термообработке. В связи с этим возникают сложности, связанные с необходимостью разделять обработку до закалки (черновая и получистовая обработка) и после термообработки.

На чертеже детали обозначены:

- технологические отверстия для фиксации детали на пуансоне
- пазы для ограничения хода в штампе
- отверстия под винты
- рабочая поверхность
- фаски
- отверстия под штифты
- транспортные отверстия

Вес детали составляет 15,6 кг. Для ее транспортировки и перемещения между операциями технологического процесса требуется применение

грузозахватных приспособлений. Для этого на детали предусмотрены транспортные отверстия, в которые при необходимости вкручивают рым-болт.

Основная нагрузка приходится на поверхностный слой в частности на пуансон и матрицы – секции низа. Чтобы во время ударных нагрузок не было образования трещин, рабочие зоны – поверхности подвергают упрочнению. Объемная закалка зачастую применяется на производствах, так как ее технологический процесс уже отработан и проверен годами. Но ведь в нашем случае совершенно необязательно чтобы деталь была закалена полностью. Хватит и поверхностного слоя глубиной в несколько миллиметров. Вот здесь как раз таки лучше рассмотреть закалку лазером или плазмой. Теперь стоит разобраться, почему же не подойдет упрочнение с использованием лазерного луча. Дело в том что мы имеем дело с деталью большого размера и соответственно упрочняя поверхность лазером потребуется немало времени, так как этот способ закалки больше подходит для деталей небольшой величины или различных инструментов. И вот здесь, целесообразно рассмотреть другой способ термоупрочнения – плазменную закалку [1,3].

Метод плазменной закалки известен и набирает всё большую популярность, к тому же он достаточно хорошо зарекомендовал себя в производстве оснастки [7].

Среди основных преимуществ технологии плазменной закалки можно выделить:

- 1) Относительно низкие интегральные температуры нагрева деталей;
- 2) Достаточно большая глубина упрочненного слоя;
- 3) Высокий эффективный КПД нагрева сжатой дугой;
- 4) Возможность ведения процесса без применения охлаждающих сред, вакуума, специальных покрытий;



- 5) Возможность автоматизации и роботизации технологического процесса с полным компьютерным управлением;
- 6) Возможность интеграции плазменной закалки в обрабатываемые центры ГПС, ГЛП и т.д.

Плазменная поверхностная закалка - метод локального поверхностного упрочнения. Сущность процесса состоит в высокоскоростном нагреве движущейся сжатой дугой поверхностного слоя металла и быстром его охлаждении в результате передачи теплоты в глубинные слои материала детали. Применение быстрого нагрева, способствующее получению более мелкой структуры закаленной стали, дает более благоприятное сочетание свойств прочности и вязкости. После плазменной закалки детали и инструмент имеют упрочненный поверхностный слой глубиной обычно 0,7-1,5 мм, как правило, достаточный для деталей ответственного назначения. Неизменный общий химический состав материала, неизменные свойства исходного металла во внутренних слоях изделия, и сжимающие остаточные напряжения на поверхности способствуют повышению работоспособности изделий после плазменной закалки [12,13].

Базовый технологический процесс изготовления детали «Пуансон» :

85216524387009 **Пуансон** 0147+0165+0200

Заготовка - квадрат В-180 ГОСТ 2591-2006/Х12МФ-Б-О

В:170 L:206 S:153

**005** Заготовительная

T=72 мин.

Пила механическая

Отрезать заготовку: 170 x 206 x 153

### **010 Фрезерная**

T=60 мин.

Универсально-фрезерный станок мод. 6P13

Фрезеровать шесть сторон в размер 148 x 165.6 x 200.6. Опилить заусенцы.

### **015 Плоско-шлифовальная**

T=54 мин.

Плоскошлифовальный мод. ЗЕ711В

Шлифовать шесть сторон в угол 90 градусов.

### **020 Сверлильная**

T=30 мин.

Разметить контур, паз по размеру 15, фаски. Разметить крепёжные отверстия. Сверлить отверстия под крепёж  $\varnothing 13$  и  $\varnothing 20$ . Сверлить, нарезать резьбу M10 под транспортные отверстия.

### **025 Фрезерная**

T=216 мин.

Универсально-фрезерный станок мод.6P13

Фрезеровать с припуском 2-3мм контур посадки пуансона в гнездо. Паз по размеру 15, фаски.

### **030 Фрезерная с ЧПУ**

T=312 мин.

Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50

Фрезеровать окончательно контур посадки пуансона по размеру 166(-0.025мм) с радиусом 12.5 в гнездо плиты, по результатам замеров гнезда плиты. Сверлить отверстие  $\varnothing 5.1$ . Расточить отверстие  $\varnothing 12.5$ . Сверлить под M16 – 1 отверстие. Сверлить отв.  $\varnothing 5.1$ ,  $\varnothing 12.5$  под M16. Сверлить отв.  $\varnothing 20$ -1отв. Сверлить расточить отверстие  $\varnothing 35$  сверлить расточить с припуском 0.5 мм на диаметр отв.  $\varnothing 12$ . Переустановить, рассверлить до  $\varnothing 13$ .

### **035 Плоско-шлифовальная**

T=51 мин.

Плоскошлифовальный мод. ЗЕ711В

Шлифовать посадочные поверхности пуансона по размеру 165(-0.025мм).  
200(-0.029мм) по результатам замеров гнезда плиты.

**040** Слесарная

T=60 мин.

Смонтировать пуансон, перевести крепёжные отверстия, сверлить отверстия, нарезать резьбу. Смонтировать пуансон под ЧПУ обработку.

**045** Фрезерная с ЧПУ

T=120 мин.

Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50

Фрезеровать с припуском 0.6мм прижимную поверхность пуансона, фрезеровать окончательно занижение прижимной поверхности, полки, паз по размеру 17 с радиусом 3. Сверлить расточить отверстия  $\varnothing 15$ .

**050** Слесарная

T=30 мин.

Притупить острые кромки. Подготовить под термообработку. Разметить занижение опорных поверхностей.

**055** Фрезерная

T=90 мин.

Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50

Фрезеровать занижение опорных поверхностей.

**060** Термообработка

T=90 мин.

Калить в печи до достижения твёрдости 57-61HRC.

**065** Плоско-шлифовальная

T=54 мин.

Плоскошлифовальный мод. ЗЕ711В

Шлифовать основание. Шлифовать посадочные плоскости по указанию слесаря.

**070** Координатно-шлифовальная

T=174 мин.

Координатно-шлифовальный станок мод. 3283С

Шлифовать отв. Ø12(+0.016.+0.034мм). Шлифовать ø5.1 как чисто.

Сборка на плиту. Сверлить, развернуть отверстия под штифты.

Смонтировать под чистовую обработку.

**075** Фрезерная с ЧПУ

T=570 мин.

Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50

Фрезеровать окончательно прижимную поверхность пуансона.

**080** Слесарная

T=30 мин.

Доработать после ЧПУ. Полировать прижимную поверхность и радиуса.

Данный технологический процесс изготовления пуансона предусматривает 2 основных этапа – обработка до закалки (черновая и получистовая обработка поверхностей и отверстий), традиционная объемная закалка в печи и финишные операции – чистовая фрезеровка и шлифование. При этом значительная трудоемкость приходится на финишные операции.

После анализа базового тех. процесса основным недостатком стало то, что приходилось использовать высокопрочные твердосплавные фрезы для того чтобы снять слой припуска с закаленной твердой поверхности. Этот процесс сильно изнашивает инструмент, и его достаточно часто приходится менять. А это, как известно потери во времени и лишняя переустановка инструмента.

Решению проблем эффективности применения плазменной закалки при изготовлении пуансона и посвящена выпускная квалификационная работа.

### **Задачи выпускной квалификационной работы:**

- 1) Разработать прогрессивный технологический процесс изготовления пуансона
- 2) Разработать высокотехнологичную тех. оснастку
- 3) Выбрать средства технического оснащения.
- 4) Подобрать инструмент для обработки и режимы обработки
- 5) Исследовать методы повышения износостойкости пуансона
- 6) Провести анализ вредных и опасных факторов при изготовлении детали
- 7) Усовершенствовать технологический процесс. Заменить объемную термообработку на локальную.
- 8) Оценить предложенный вариант технологического процесса с экономической точки зрения

## 2. Технологическая часть работы

Разработка нового технологического процесса.

85216524387009 **Пуансон** 0147+0165+0200

Заготовка - квадрат В-180 ГОСТ 2591-2006/Х12МФ-Б-О

В:170 L:206 S:153

### 005 **Заготовительная**

T=48мин.

Пила механическая

Отрезать заготовку В:170 L:206 S:153

### 010 **Фрезерная**

T=35 мин.

Универсально-фрезерный станок мод. 6P13

Фрезеровать шесть сторон в размер 149x167x202. Опилить заусенцы.

### 015 **Координатно-расточная**

T= 150 мин.

Фрезерный станок с ЧПУDMF-50

Расточить отверстие  $\varnothing 12.5$ , сверлить под М16 - 2отв.  $\varnothing 12.5$ , сверлить отв.  $\varnothing 20$  - 1отв. Н=70. Сверлить, расточить отверстие  $\varnothing 35$ , сверлить 2отв.  $\varnothing 11.5$  на всю глубину. Расточить на диаметр 2отв.  $\varnothing 12$  на глубину Н=25. Сверлить, нарезать резьбу М10 под транспортное отверстие. Сверлить отверстия под крепёж  $\varnothing 13$ : 4отв. на глубину Н=40, 1отв. Н=95

### 020 **Фрезерная**

T=150 мин.

Универсально-фрезерный станок мод.6P13

Фрезеровать контур пуансона: открытый контур по размеру 165 с припуском 0,5мм на сторону; закрытый контур по размеру 166 окончательно по замерам гнезда плиты. Паз по размеру 15 на глубину 35 мм, фаски на угол  $45^{\circ}$

согласно чертежа окончательно.

#### **025 Плоско-шлифовальная**

T=51 мин.

Плоскошлифовальный мод.3E711B

Шлифовать посадочные поверхности пуансона по размеру 165(-0.025мм), 200(-0.029мм) по результатам замеров гнезда плиты.

#### **030 Фрезерная с ЧПУ**

T=312 мин.

Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50

Фрезеровать рабочий контур поверхности пуансона, фрезеровать окончательно занижение прижимной поверхности, полки, паз по размеру 17 с радиусом 3.

#### **035 Расточная**

T=72 мин.

Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50

Сверлить 2 отверстия  $\varnothing 5.1$  на выход. Сверлить, цековать 5 отверстий под крепёж  $\varnothing 20$ . Рассверлить освобождение в отверстиях под штифты до  $\varnothing 13$  H=25 от основания. Сверлить, расточить отверстия  $\varnothing 15$ . Сверлить, нарезать резьбу M10 под транспортное отверстие.

#### **040 Слесарная**

T=90 мин.

Демонтаж, доработать после ЧПУ рабочую поверхность. Притупить острые кромки. Подготовить под термообработку.

#### **045 Термическая**

T=60 мин.

Установка УГДЗ-200

Плазменная закалка. Калить рабочую поверхность пуансона до достижения твёрдости 57-61HRC.

#### **050 Слесарная**

T=60 мин.

Доработать после ЧПУ. Полировать прижимную поверхность и радиуса.

### 055 Моечная

T=10 мин.

### 060 Контрольная

T=45 мин.

Произвести замеры рабочей поверхности и расположения отверстий с оформлением карты замеров.

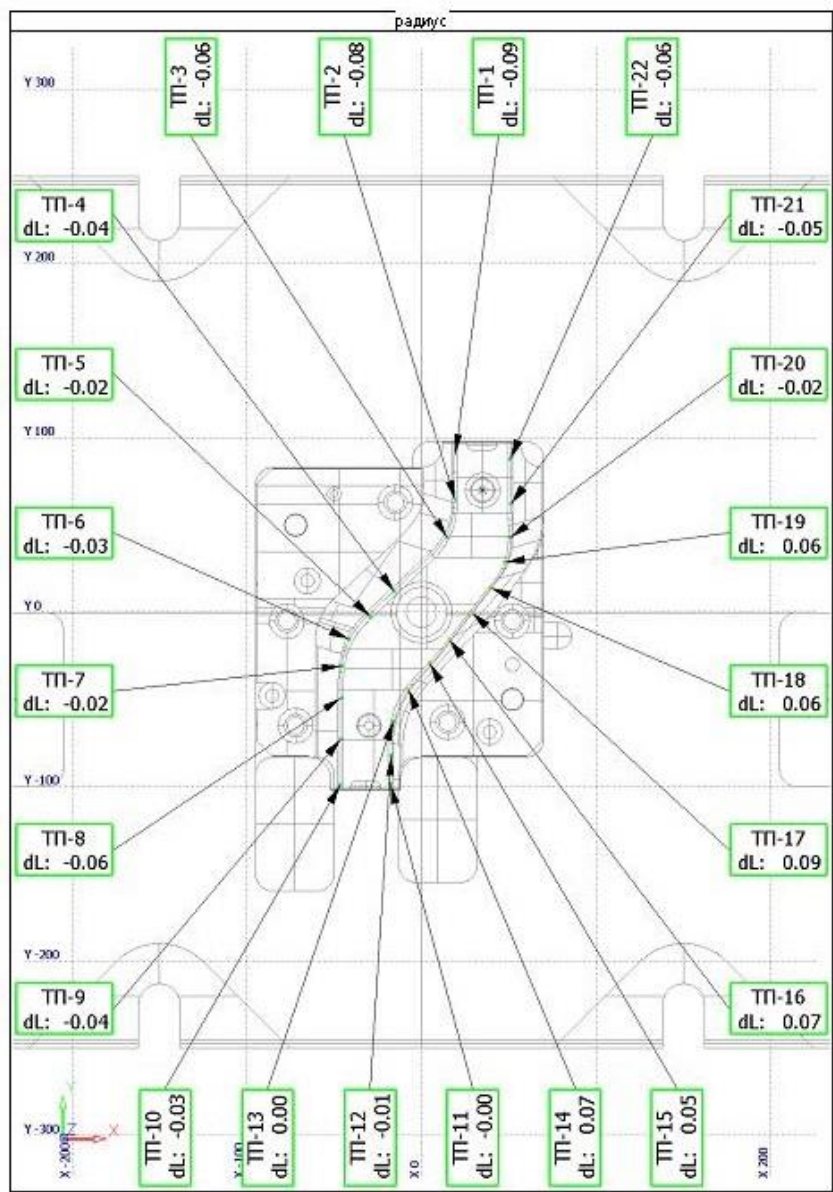


Рис. 2.1 – Карта замеров



### Анализ предложенного техпроцесса.

В предложенном техпроцессе деталь проходит все стадии обработки (черновую чистовую) в состоянии поставки материала и заканчивается операцией упрочнения поверхности. При этом снижается время на обработку по сравнению с базовым техпроцессом на 15,5 часов (46,2%) снижаются затраты на металлорежущий инструмент. Более подробно сравнение двух методов изготовления и экономический эффект рассмотрим в разделе 7.

### 3. Проектирование приспособления

Расчет режимов резания.

Данный расчёт режимов резания будет применим на всех операциях обработки в том числе и на обдирке, когда возникают максимальные усилия резания. При расчете приспособления в качестве исходных данных возьмем режимы резания при полустойковой обработке[2,8].

Скорость резания определим по формуле[9]:

$$V = \frac{C_r * D^q}{T^m * S_z^x * B^y * Z^p} K_v, \text{ где} \quad (1)$$

$$C_r=53; q=0,45; x=0,3; y=0,2; m=0,33; u=0,1; p=0,1$$

$D=12\text{мм}$  - диаметр фрезы

$T=180\text{мин}$  - стойкость фрезы

$T=0.6\text{мм}$  – глубина фрезерования

$B=6\text{мм}$  – ширина фрезы

$K_r$  – общий поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания [11].

$$K_{mv}=K_{mv} * K_{uv} * K_{nv} \quad (2)$$

$$K_v=4 * 1 * 1=4$$

Подставляя полученные значения в формулу (1), получим:

$$V = \frac{53 * 12^{0.45}}{180^{0.33} * 0.6^{0.33} * 0.04^{0.2} * 6^{0.1} * 10^{0.1}} * 4 = 63.2\text{м / мин}$$

Силу резания рассчитаем по формуле:

$$P_z = \frac{10C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z}{D^q * n^w} * K_{mp}, \text{ где} \quad (3)$$

$$C_p=47; x=0.86; y=0.72; u=0.1; q=0.86; w=0$$

$T=0.6\text{мм}$  – глубина фрезерования

$Z=2$  – число зубьев фрезы

$S_z=0.05\text{мм/зуб}$  – подача фрезы на зуб

$$B=18,6 \text{ мм}$$

$K_{mp}$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

$$K_{mp} = K_p = \left( \frac{\bar{\sigma}_s}{750} \right)^{K_v}, \text{ где } \bar{\sigma}_s=550\text{Мпа}, n_v=0.3$$

$$\text{получим } K_{mp} = \left( \frac{550}{750} \right)^{0.3} = 0.91$$

Подставляя полученные значения в формулу (3),

$$\text{находим } P_z = \frac{10 * 47 * 0.6^{0.86} * 0.05^{0.72} * 18.6^{0.1} * 2}{90^{0.86} * 1} * 0.91 = 154.8\text{Н}$$

С учетом коэффициента запаса  $P_3=12260\text{Н}$

Выбираем большую из сил, она и обеспечит надежный зажим заготовки:  
 $\omega=12260\text{Н}$ .

Выбор конструкции и расчет силового привода [15].

В качестве привода принимаем пневмоцилиндр с рабочим давлением 0,4 МПа.

Определим диаметр штока цилиндра.

$$D=1.13 \cdot \sqrt{\frac{\omega}{p \cdot \eta}}$$

Где: p - рабочее давление, МПа;

$\eta=0,95$  - КПД привода

Тогда:

$$D=1.13 \cdot \sqrt{\frac{12260}{0.4 \cdot 0.95}} = 202,97 \text{ мм}$$

Принимаем  $D = 220$  мм.

## 4. Научные исследования

Объектом исследования данной работы является упрочнение поверхности штамповой оснастки методом плазменной закалки.

Цель работы – проведение исследований структуры и свойств упрочненного плазменной закалкой слоя на образцах из различных материалов [5].

В процессе работы были проведены исследования структуры и свойств упрочненного плазменной закалкой слоя на образцах из чугуна ХФ, стали Х12МФ, стали 40Х, а также экспериментальная оценка технологических свойств упрочненных плазменной закалкой проблемных участков трех комплектов штамповой оснастки проекта LB1А [6]. Разработан технический регламент проведения плазменной закалки штамповой оснастки, проведена технико-экономическая оценка применения указанной технологии поверхностного упрочнения [4].

Плазменная закалка образцов и комплектов штамповой оснастки была проведена с помощью специалистов ООО «Композит» (г. Нижний Тагил) и специалистов Исследовательского центра АВТОВАЗ.

Результаты данной работы могут быть использованы при выборе способа упрочнения при изготовлении элементов вытяжных штампов с целью увеличения их износостойкости и улучшения эксплуатационных свойств.

Термическое упрочнение чугунных и стальных деталей является одним из наиболее эффективных и действенных способов увеличения ресурса работы нагруженных элементов машин и механизмов, а также снижения их материалоемкости. Во многих случаях технически и экономически оправдана локальная термообработка. При этом упрочняют только наиболее

нагруженную рабочую поверхность детали, оставляя нетронутой сердцевину. Для поверхностного упрочнения деталей в промышленности давно и широко применяют термическую высокочастотную и газопламенную обработки.

Дальнейший прогресс в повышении качества термообработки рабочих поверхностей деталей связывают с применением концентрированных источников энергии: электронного и лазерного луча, плазменной струи. При этом достигаются более высокие эксплуатационные свойства и качество упрочнения. Из всех способов поверхностной термообработки высококонцентрированными источниками нагрева наиболее экономичным и производительным является плазменный. Он характеризуется меньшей стоимостью, доступностью технологического оборудования и большими размерами упрочненной зоны [1].

Принцип плазменной поверхностной термообработки показан на рисунке 4.1. Он состоит в прохождении плазменной струи, образованной горячей в среде защитного газа электрической дугой, над поверхностью упрочняемой детали.

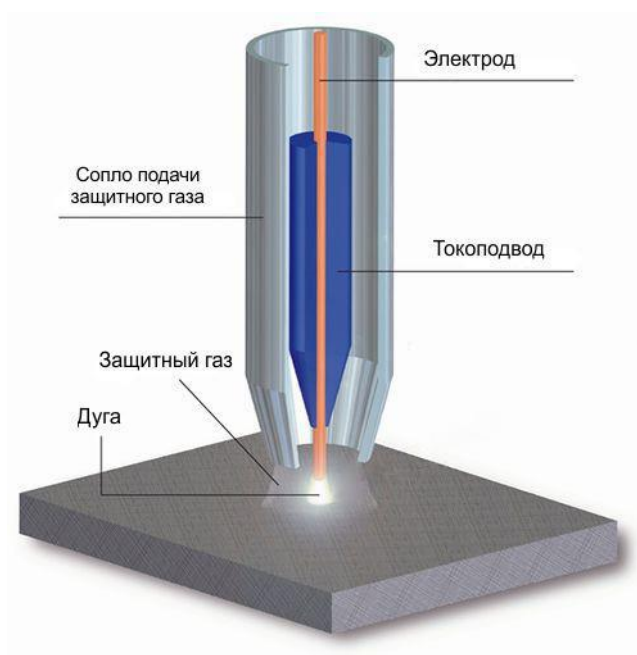


Рис. 4.1 – Принцип плазменной поверхностной термообработки.

Особенности плазменной поверхностной закалки - кратковременность процесса нагрева и возможность создания условий охлаждения, обеспечивающих высокую интенсивность - оказывают существенное влияние на структуру закаленного слоя [16,17]. Эффект скорости охлаждения при металлографическом исследовании прежде всего заметен в диспергировании структуры. Скорость нагрева оказывает существенное влияние на размер рекристаллизованного зерна, так как с ее увеличением число центров рекристаллизации растет быстрее, чем скорость роста центров. Это приводит к измельчению зерна. Кратковременное пребывание стали в области закалочных температур и протекание фазовых превращений при температурах, превышающих равновесные, приводят к получению механических свойств, отличающихся от свойств стали, закаленной с нагревом от традиционных источников теплоты. В доэвтектоидной стали при быстром нагреве, когда структурно свободный феррит претерпевает перекристаллизацию без влияния атомов углерода, аустенитное зерно всегда несколько мельче того, которое обычно получается при медленном нагреве до температуры аустенизации. Такое изменение блочной структуры аустенита приводит к уменьшению размеров когерентных областей и увеличению значений микронапряжений и искажений в закаленной стали. В условиях поверхностной закалки это становится причиной повышения твердости закаленного слоя. Применение быстрого нагрева, способствующего получению более мелкой структуры закаленной стали, дает возможность получить более благоприятное сочетание свойств прочности поверхности и вязкости сердцевины детали [10].

#### 4.1 Оценка эффективности упрочнения поверхности штамповой оснастки методом плазменной закалки.

##### 4.1.1 Проведение исследований эффективности упрочнения поверхности штамповой оснастки методом плазменной закалки на образцах из различных материалов.

###### 4.1.1.1 Выбор материалов для проведения исследований на образцах

В качестве материалов (имитаторов штамповой оснастки) для проведения исследований по упрочнению различными способами были выбраны следующие:

1. Высокопрочный хромо-ванадиевый **чугун ХФ**. Химический состав чугуна ХФ в соответствии с СТП 37.101.0028-2001 для изготовления штамповой оснастки приведён в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Химический состав чугуна ХФ.

Материал	Что изготавливают	Составляющие элементы, %									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	V	Cu	Ti
ХФ	Пуансон, матрица	2,9-3,1	0,6-0,9	1,4-1,6	<0,12	<0,12	0,4-0,5	-	0,2-0,3	-	-

Чугун ХФ является одним из самых применяемых материалов для изготовления пуансонов и матриц формообразующих штампов холодной штамповки в ОАО «АВТОВАЗ».

2. Высокохромистая **сталь Х12МФ** (ГОСТ 1435-81). Химический состав стали Х12МФ приведен в таблице 4.2.



Таблица 4.2 - Химический состав стали X12МФ.

Материал	Что изготавливают	Составляющие элементы, %								
		Fe	C	Mn	Si	Mo	Cr	V	S	P
X12МФ	Вставка	Основа	1.45-1.70	0,15-0,40	0,10-0,40	0.4-0.6	11.0-12.5	0.15-0.30	≤0.03 0	≤0.03 0

Сталь X12МФ используется для изготовления формообразующих элементов штампов холодной штамповки.

3. Конструкционная легированная сталь **40X** (ГОСТ 4543-71). Химический состав стали 40X приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Химический состав стали 40X.

Материал	Что изготавливают	Составляющие элементы, %								
		Fe	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
40X	Детали повышенной прочности	Основа	0.36-0.44	0,5-0,8	0,17-0,37	0.8-1.1	≤ 0.3	≤ 0.3	≤0.03 5	≤0.03 5

Сталь 40X используется для изготовления ответственных деталей повышенной прочности в различных отраслях машиностроения. В данной работе будут рассмотрены свойства упрочненного слоя 40X для оценки возможности альтернативной замены стали X12МФ при изготовлении формообразующих элементов штампов холодной штамповки.

#### 4.1.1.2 Методика проведения исследований

Для проведения плазменной закалки были изготовлены образцы из выбранных материалов в соответствии с эскизом на рисунке 4.2. Данная конфигурация образцов выбрана из соображений соответствия имеющейся оснастки для фиксации роликов в разрывной машине UTS-100, на которой в

последующих этапах работы планируется проведение трибологических исследований полученных упрочненных слоёв.

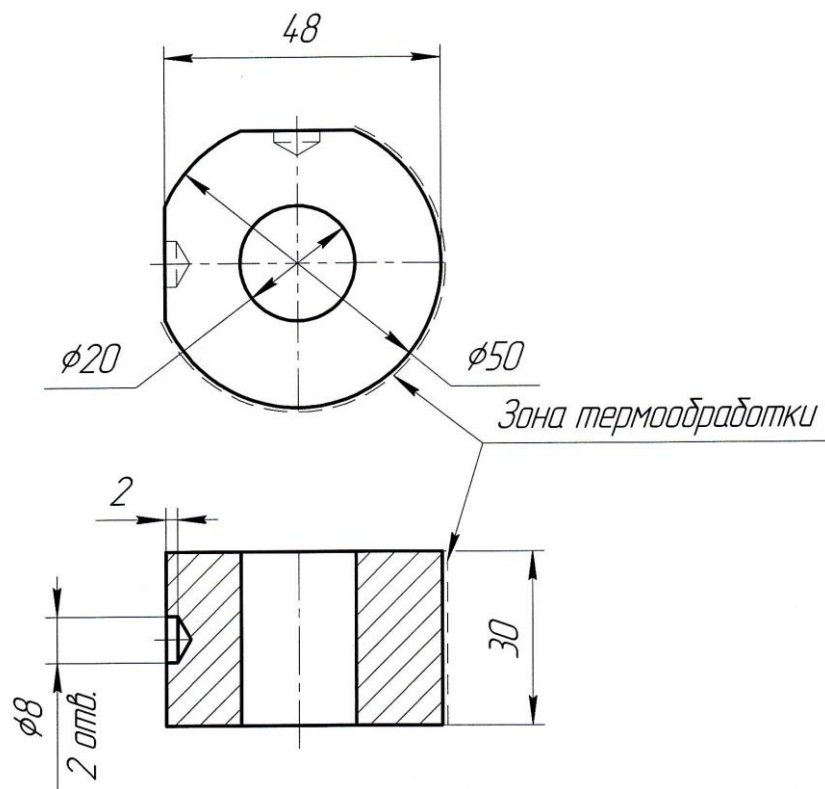


Рис. 4.2 – Геометрические размеры образцов-роликов для проведения плазменной закалки.

Плазменная закалка образцов была произведена специалистом-сварщиком ООО «Композит» (г. Нижний Тагил). Процесс проводился посредством ручного перемещения плазмотрона, без механизации. Суть процесса – в последовательном прохождении плазмотрона с плазменным факелом над упрочняемой поверхностью. В качестве защитного газа в процессе использовался аргон [14]. После прохода плазмотрона на поверхности образца остается «дорожка упрочнения», отличающаяся от необработанных участков цветами побежалости. Такими дорожками упрочнения последовательно покрывается вся упрочняемая поверхность. При этом главная задача оператора-

сварщика – не перегреть поверхность, чтобы избежать оплавления и возможного термического растрескивания, но при этом достаточно прогреть поверхность для осуществления необходимых фазовых превращений в металле. При установленных предварительным экспериментальным подбором постоянных значениях тока плазменного факела и давления защитного газа оператор-сварщик во время процесса закалки визуально контролирует состояние плазменного факела и обрабатываемой поверхности.

Поскольку способность к отведению тепла у данных образцов невелика в связи с небольшими размерами, на некоторых участках упрочняемой поверхности имели место оплавления металла. Для полного устранения возникших неровностей поверхности образцов были подвергнуты операции шлифования со съемом металла толщиной 0,3-0,4 мм до уровня шероховатости Ra 0,8 и Ra 0,2 (для проведения последующих трибологических испытаний).

Из закаленных образцов были вырезаны фрагменты, упрочненные слои материалов были исследованы в ИЛАМДА ИЦ при помощи следующего оборудования:

микротвердомер Micromet-II;

микроскоп Axiotech 100;

микроскоп Axio Observer. D1m.

Далее была проведена оценка результатов упрочнения. Полученные данные были использованы при проведении плазменной закалки вытяжных штампов панелей пола проекта LB1A.

#### 4.1.1.3 Плазменная закалка образцов из чугуна ХФ

Внешний вид упрочненного плазменной закалкой образца из чугуна ХФ приведен на рисунке 4.3. На данном образце была проведена операция шлифования упрочненной цилиндрической поверхности со съемом материала толщиной 0,4 мм, затем электроэрозионным способом вырезан фрагмент поверхности для проведения металлографических исследований.

Основные параметры процесса упрочнения:

- рабочий ток дуги 150А;
- рабочее давление аргона 0,3 МПа;
- ширина закаленной зоны 10-12 мм;
- длина дуги 20 мм (подбирается экспериментально);
- скорость прохода по поверхности (ориентировочно) 0,5 м/мин.

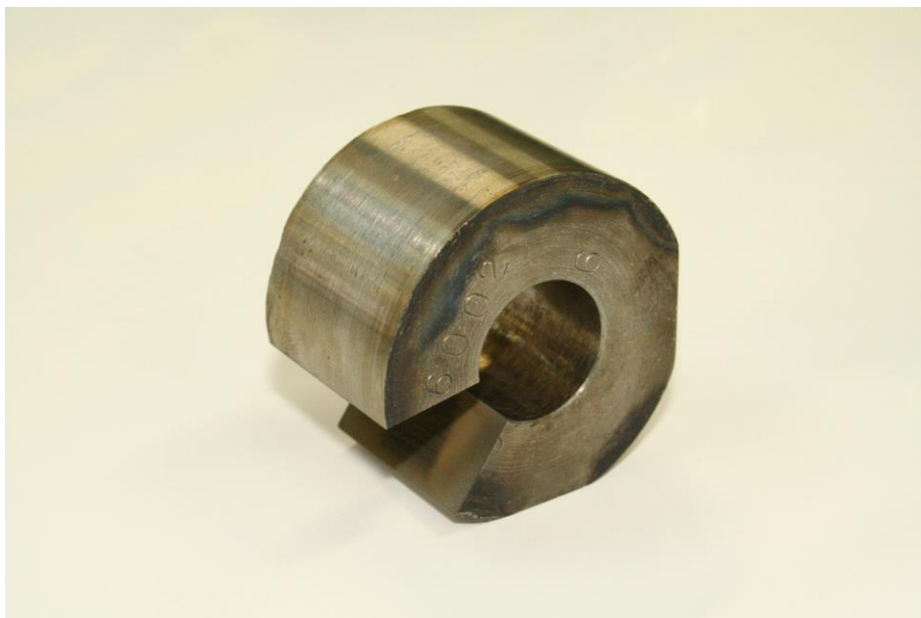


Рис. 4.3 – Образец из чугуна ХФ после проведения плазменной закалки, шлифования, вырезки фрагмента упрочненной поверхности.

Микроструктура упрочненной зоны образца из чугуна ХФ приведена на рисунке 4.4. Распределение микроструктуры от поверхности внутрь материала следующее: ледебурит, мартенсит, остаточный аустенит, троостомартенсит, цементит, графит пластинчатый по всему сечению упрочненного слоя.

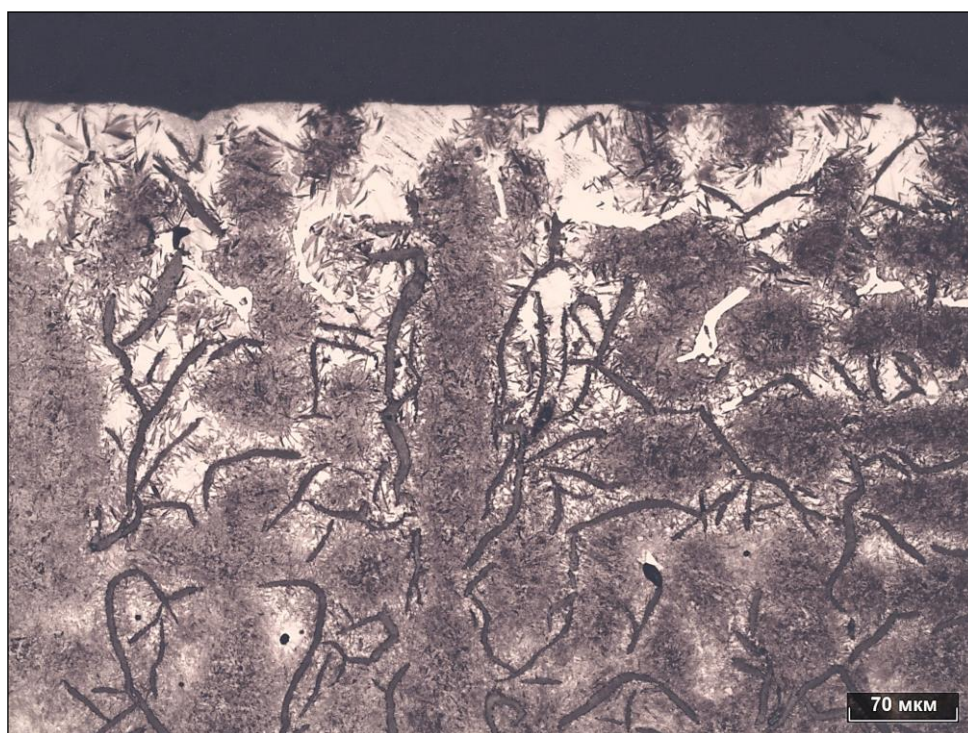


Рис. 4.4 – Микроструктура упрочненного слоя образца из чугуна ХФ.

Микроструктура сердцевины образца из чугуна ХФ представлена на рисунке 4.5: перлит пластинчатый, цементит, графит пластинчатый .



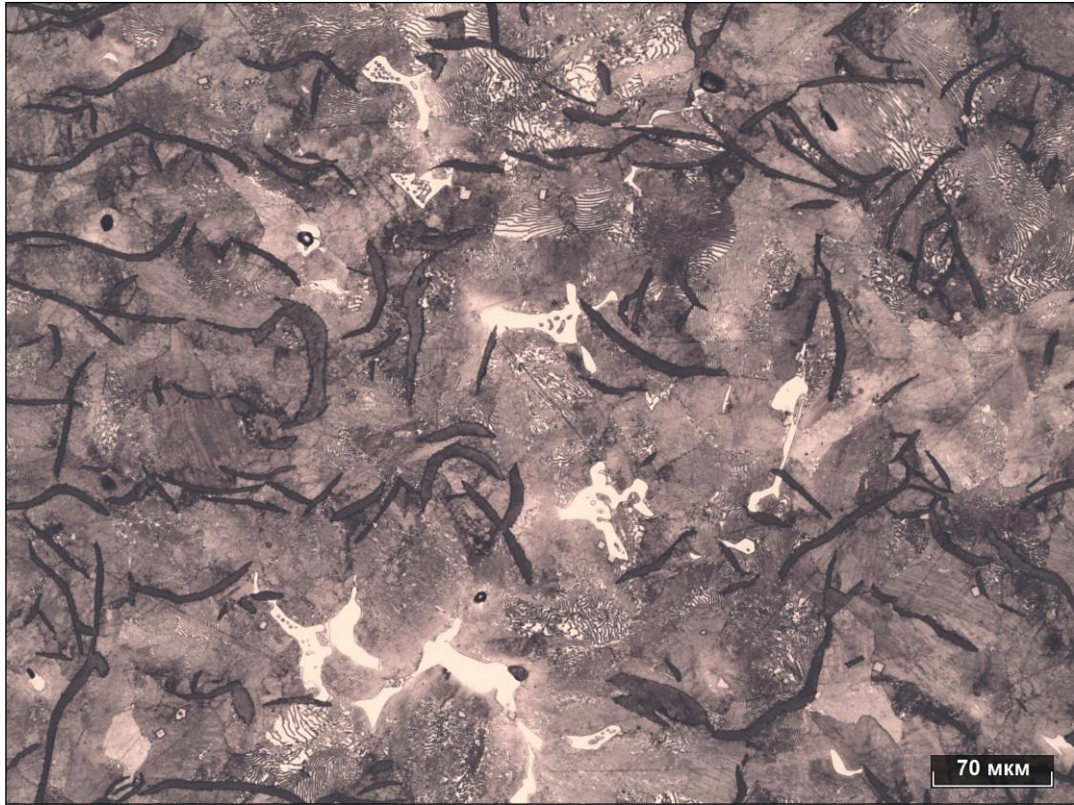


Рис. 4.5 – Микроструктура сердцевины образца из чугуна ХФ.

Параметры упрочненного методом плазменной закалки слоя чугуна ХФ:

- глубина упрочненного слоя – 0,8-1,0 мм;
- твердость упрочненного слоя – HRC 55-58;
- структура упрочненного слоя – ледебурит, мартенсит, остаточный аустенит, троостомартенсит, цементит, графит пластинчатый;
- твердость сердцевины – HRC 26;
- структура сердцевины – перлит пластинчатый, цементит, графит пластинчатый.

#### **4.1.1.4 Плазменная закалка образцов из стали X12MФ**

Внешний вид упрочненного плазменной закалкой образца из стали X12MФ после проведения операции шлифования приведен на рисунке 4.6.

Основные параметры процесса упрочнения:

- рабочий ток дуги 150А;
- рабочее давление аргона 0,3 МПа;
- ширина закаленной зоны 10 мм;
- длина дуги 25 мм (подбирается экспериментально);
- скорость прохода по поверхности (ориентировочно) 0,6 м/мин.



Рис. 4.6 – Образец из стали X12МФ после проведения плазменной закалки и операции шлифования.

Микроструктура упрочненной зоны образца из стали X12МФ приведена на рисунке 4.7. Структура упрочненного слоя – литая дендритная структура .





Рис. 4.7 – Микроструктура упрочненного слоя образца из стали X12МФ. ( $\times 500$ )

Микроструктура сердцевины образца из стали X12МФ представлена на рисунке 4.8: зернистый перлит, карбиды .

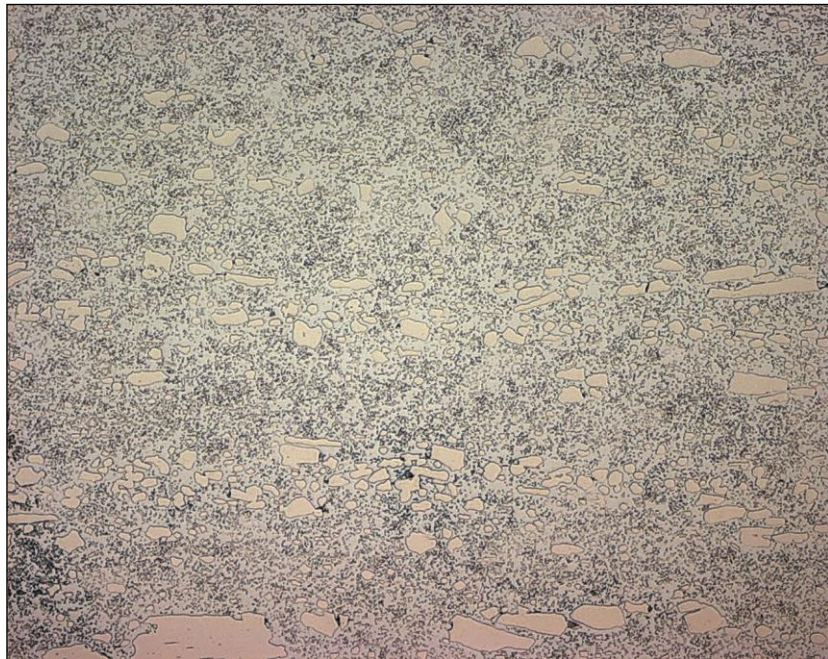


Рис. 4.8 – Микроструктура сердцевины образца из стали X12МФ. ( $\times 500$ )



Параметры упрочненного методом плазменной закалки слоя стали X12МФ:

- глубина упрочненного слоя – 0,4-0,8 мм;
- твердость упрочненного слоя – HRC 52-56;
- структура упрочненного слоя – литая дендритная структура;
- твердость сердцевины – HRC 25;
- структура сердцевины – зернистый перлит, карбиды.

У образцов из стали X12МФ отмечена склонность к образованию раковин и микротрещин (Рисунок 4.9), вероятно, из-за нарушения режима нагрева (местного перегрева поверхности, приводящего к плавлению металла). Подобные дефекты могут быть устранены при применении механизации процесса плазменной закалки и обеспечении строго оптимальной скорости прохода плазмотрона над упрочняемой поверхностью.

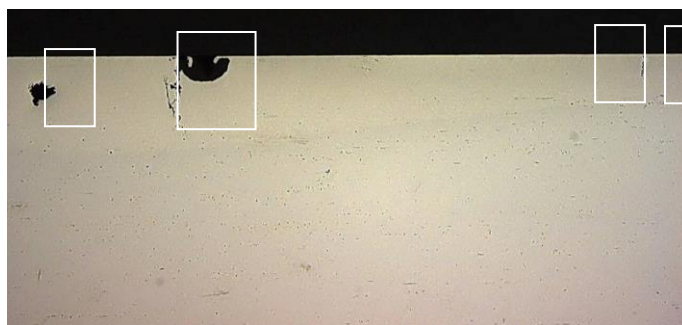


Рис. 4.9 – Дефекты упрочненного слоя образцов из стали X12МФ – раковины, микротрещины. ( $\times 30$ )

#### **4.1.1.5 Плазменная закалка образцов из стали 40Х**

Внешний вид упрочненного плазменной закалкой образца из стали 40Х после проведения операции шлифования приведен на рисунке 4.10.

Основные параметры процесса упрочнения:

- рабочий ток дуги 150А;
- рабочее давление аргона 0,3 МПа;
- ширина закаленной зоны 12 мм;
- длина дуги 15-20 мм (подбирается экспериментально);
- скорость прохода по поверхности (ориентировочно) 0,4 м/мин.



Рис. 4.10 – Образец из стали 40X после проведения плазменной закалки и операции шлифования.

Микроструктура упрочненной зоны образца из стали 40X приведена на рисунке 4.11. Структура упрочненного слоя – крупноигольчатый мартенсит.



Рис. 4.11 – Микроструктура упрочненного слоя образца из стали 40Х. ( $\times 500$ )

Микроструктура сердцевины образца из стали 40Х представлена на рисунке 4.12: бейнит, сорбит, перлит, феррит.

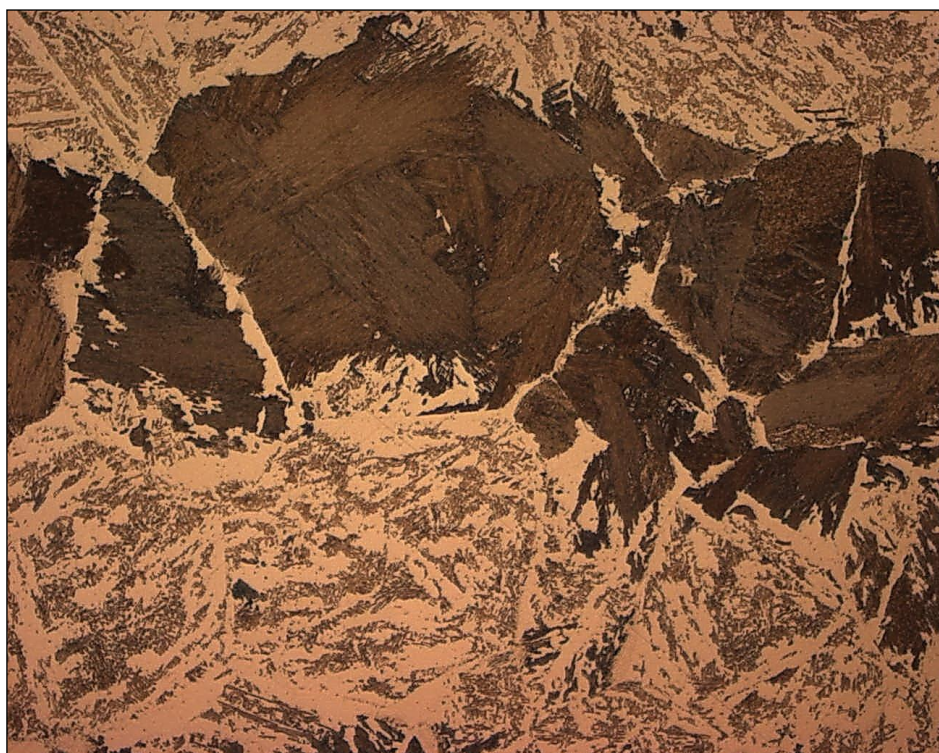


Рис. 4.12 – Микроструктура сердцевины образца из стали 40Х. ( $\times 500$ )

Параметры упрочненного методом плазменной закалки слоя стали 40Х:

- глубина упрочненного слоя – 1,5-1,7 мм;
- твердость упрочненного слоя – HRC 52-54;
- структура упрочненного слоя – крупноигольчатый мартенсит;
- твердость сердцевины – HRC 29;
- структура сердцевины – бейнит, сорбит, перлит, феррит.

#### **4.2.1 Процесс плазменного упрочнения штамповой оснастки**

4.2.1.1 Перед началом обработки рабочих поверхностей штампа в обязательном порядке выполнить технологическую пробу – произвести пробную закалку нерабочего участка штампа с контролем твердости до и после закалки. Обработку рабочих поверхностей производить только после получения положительных результатов технологической пробы.

4.2.1.2 При помощи пламени ацетиленовой горелки последовательно прогреть намеченные к упрочнению участки поверхности штампа до температуры 180-220°C, не допуская появления цветов побежалости материала; после остывания нагретых участков удалить остатки выделившейся технологической смазки с использованием бензина «Калоша» и ветоши, при необходимости продуть сжатым воздухом;

4.2.1.3 Нагрев упрочняемой поверхности производить плазменным факелом плазмотрона на оптимальном режиме, предварительно отработанным во время технологической пробы; обработку упрочняемой поверхности производить посредством наложения параллельных дорожек упрочнения с величиной перекрытия дорожек 2-3 мм;

4.2.1.4 Необходимо стремиться к максимальной скорости нагрева упрочняемой поверхности при минимальном тепловложении в «тело»



оснастки; контроль температуры нагрева производить визуально по цвету свечения металла в пятне нагрева, не допускать недогрева, а также перегрева (оплавления) упрочняемой поверхности;

4.2.1.5 Ориентировочные параметры процесса плазменного упрочнения штамповой оснастки из чугунов ХФ, ХРТД следующие:

- рабочий ток дуги 150А;
- рабочее давление аргона 0,3 МПа;
- ширина закаленной зоны 10-12 мм;
- длина дуги (ориентировочно) 15-20 мм;
- скорость прохода по поверхности (ориентировочно) 0,4-0,6 м/мин;
- охлаждение упрочненных участков – естественное.

4.2.1.6 После проведения плазменной закалки провести операцию шлифования упрочненных участков поверхности до уровня шероховатости не хуже Ra 0,8;

4.2.1.7 Произвести контроль твердости упрочненных участков поверхности оснастки с использованием твердомера портативного УЗиТ-3. Обязательные требования к контролируемой поверхности:

- шероховатость – не хуже Ra 0,8;
- радиус кривизны – не менее 10 мм;
- загрязнения, смазка, окалина, окисная пленка, ржавчина – недопустимы.

4.2.1.8 После выполнения плазменного упрочнения лицу, производящему контроль процесса закалки, оформить карту контроля твердости в соответствии с И 12033.37.101, включающую в себя результаты

замера твердости всех закаленных участков, их ширину, выводы о качестве проведенного упрочнения.

## **Заключение**

1. Проведенные исследования по упрочнению методом плазменной закалки поверхностей различных материалов, имитирующих поверхность штамповой оснастки, позволяют утверждать, что при проведении плазменной закалки упрочненный слой материала приобретает следующие свойства:

для чугуна ХФ:

- глубина упрочненного слоя – 0,-1,0 мм;
- твердость упрочненного слоя – HRC 55-58;
- структура упрочненного слоя – ледебурит, мартенсит, остаточный аустенит, троостомартенсит, цементит, графит пластинчатый.

для стали Х12МФ:

- глубина упрочненного слоя – 0,4-0,8 мм;
- твердость упрочненного слоя – HRC 52-56;
- структура упрочненного слоя – литая дендритная структура.

для стали 40Х:

- глубина упрочненного слоя – 1,5-1,7 мм;
- твердость упрочненного слоя – HRC 52-54;
- структура упрочненного слоя – крупноигльчатый мартенсит.

2. При проведении плазменной закалки оператором-сварщиком вручную (без механизации) возможно появление дефектов на упрочненной поверхности в виде наплывов, оплавлений. Это связано с неизбежными

колебаниями скорости и размеров дуги при ручном способе проведения закалки. Применение механизации, обеспечивающей точное соблюдение оптимальных параметров процесса, приведет к устранению указанных дефектов.

3. После проведения операции плазменной закалки на реальной оснастке необходимо было выполнить операцию шлифования (затирки) возможных дефектов рабочей поверхности до уровня шероховатости не хуже Ra 0,8. После проведения операции шлифования и наладки с упрочненных штампов были получены годные вытяжные переходы.

4. В процессе работы разработан технический регламент проведения плазменной закалки, в котором указаны:

- оборудование и материалы для проведения плазменной закалки;
- порядок подготовки поверхности к плазменной закалке;
- порядок проведения плазменного упрочнения.

5. Технико-экономический расчет эффективности применения плазменного поверхностного упрочнения штамповой оснастки показал (при запланированном объеме производства оснастки):

- возможен экономический эффект в среднем более 100 000 тысяч рублей в год при использовании данного метода для оснастки из чугуна;
- возможен экономический эффект в среднем более 1 миллиона рублей в год при использовании данного метода для оснастки из легированной стали.

## 5. Описание графической части работы

Выпускная квалификационная работа содержит 6 чертежей:

Чертеж детали, чертеж приспособления, план обработки, 2 карты наладки и научно-исследовательский лист.

На основном чертеже представлена деталь – пуансон, где указаны все основные размеры, шероховатость, технические требования и материал детали. Пуансон представлен в нескольких видах и разрезах.

Чертеж приспособления представляет собой пневматические тиски, которые зажимают заготовку. При движении поршня вниз происходит зажим заготовки на технологической операции, а при движении вверх – разжатие заготовки.

На плане обработки показан весь технологический процесс. На каждый операционный размер, обозначенный в виде букв, имеются технические требования, которые находятся в третьем столбце. Операционные эскизы представлены во 2 столбце, а в самом первом обозначен номер технологической операции и ее название. Так же на каждой операции плана обработки указана шероховатость. Красным цветом выделены те поверхности, которые обрабатываются.

Так же в выпускной квалификационной работе были спроектированы 2 карты наладки: на фрезерную операцию с ЧПУ и термообработку. На чертежах указано зажимное приспособление и деталь. На наладке фрезерной операции обозначен инструмент, а так же циклограмма его движения. На операции термообработки изображена плазменная установка. Так же на каждом чертеже указаны технические данные.

На научно-исследовательском листе изображены образцы материалов и их микроструктура, а так же представлены диаграммы твердости.



## 6. Безопасность и экологичность технологического объекта

### 6.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 6.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс <sup>1</sup>	Технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>2</sup>	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию <sup>3</sup>	Оборудование, устройство, приспособление <sup>4</sup>	Материалы, вещества <sup>5</sup>
1	010	Фрезерная. Фрезеровать 6 сторон, опилить заусенцы	Фрезеровщик 2 разряда	Универсальный-фрезерный станок мод. 6P13	Металл – сталь X12M1
2	030	Фрезерная с ЧПУ. Фрезеровать рабочий контур поверхности пуансона и занижение прижимной поверхности.	Фрезеровщик 2 разряда	Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50	Металл – сталь X12M1
3	045	Термическая. Калить рабочую поверхность пуансона	Оператор	Установка УГДЗ-200	Металл – сталь X12M1, плазма

## 6.2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>(1)</sup>	Опасный и /или вредный производственный фактор <sup>2</sup>	Источник опасного и /или вредного производственного фактора <sup>3</sup>
1	Фрезерная	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Универсально-фрезерный станок мод. 6P13
2	Фрезерная с ЧПУ	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50
3	Термообработка	Повышенная температура поверхности оборудования и материала	Установка УГДЗ-200, пуансон.

ГОСТ 12.0.003-74, Стандарт СТ СЭВ 790-77

### **6.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.**

Таблица 6.3 –Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках выпускной работы).

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор <sup>1</sup>	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора <sup>2</sup>	Средства индивидуальной защиты работника <sup>3</sup>
1	Повышенный уровень шума на рабочем месте	При разработке машин и оборудования должны устанавливаться уровни физических факторов – в данном случае уровень шума	Наушники противошумные или вкладыши противошумные
2	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	При разработке должен определяться и устанавливаться допустимый риск для машины и оборудования.	Очки защитные
3	Повышенная температура поверхности оборудования и материала	Машина и оборудование должны иметь четкие и нестираемые предупреждающие надписи или знаки о видах опасности.	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием

### **6.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов).**

#### 6.4.1. Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Механический	Универсально-фрезерный станок мод. 6P13	D	Искры	Части разрушившихся технологических установок
2	Механический	Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50	D	Искры	Части разрушившихся технологических установок
3	Механический	Установка УГДЗ-200	E	Пламя	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

#### 6.4.2. Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
вода	Пожарные автомобили	Пенные системы пожаротушения	Извещатели пожарные	огнетушители	Средства защиты органов дыхания	Пожарный топор	Дымовые, тепловые датчики
песок	Пожарные вертолеты	Газовые и порошковые системы пожаротушения	Пожарные приборы управления	Пожарные шкафы	Средства защиты зрения	Пожарный лом	Кнопка «Пожарная тревога»
земля	Пожарные поезда	Аэрозольные системы пожаротушения	Системы передачи извещений о пожаре	Пожарные рукава	Средства защиты кожных покровов	Пожарный крюк	Световые, звуковые оповещатели

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

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
Технологический процесс изготовления пуансона	Организация пожарной охраны	Каждый этаж здания должен иметь не менее 2 эвакуационных выходов.
	Обучение рабочих правилам пожарной безопасности.	Не менее двух эвакуационных выходов должны иметь помещения, предназначенные для одновременного пребывания более 10 чел.

## 6.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического  
объекта

Наименование технического объекта, технологическог о процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействи е техническо го объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающ ую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжен ия)	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.)
ТП изготовления пуансона штампа фланцовки	Плазменная установка УГДЗ - 200 Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50 Моечная установка МПП-255	отсутствует	Забор воды из различных источников водоснабжен ия	- Образование стружки Образование грязной воды

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	отсутствуют
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Утилизация смазывающей охлаждающей жидкости при помощи термического метода или центрифугирования
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Переработка стружки при помощи прессования в компактный брикет и отправка ее на утилизацию

Выводы:

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления пуансона, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 6.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым тех. операциям, видам производимых работ.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 6.3).



4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.6).

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

## 7. Экономическая эффективность работы

### Расчет эффективности поверхностного упрочнения методом плазменной закалки штамповой оснастки из легированной стали

Большая часть стальных секций (вставок) штамповой оснастки подвергается термообработке методом объемной закалки. Плазменная поверхностная закалка является альтернативным методом для упрочнения стальных секций штампов.

Технические характеристики штамповой оснастки на примере детали «пуансон», который является частью штампа фланцовки рулевого управления:

Масса пуансона = 15.659 кг

Масса секций низа = 44.602 кг

Общая масса рабочих частей штампа = 60.262 кг

Площадь прижимной рабочей поверхности секции низа = 494.10 см<sup>2</sup>

Площадь прижимной рабочей поверхности пуансона = 347.99 см<sup>2</sup>

Общая площадь прижимной рабочей поверхности штампа = 842.10 см<sup>2</sup>

Нижеприведенный расчет позволяет оценить возможный экономический эффект при использовании метода плазменного поверхностного упрочнения вместо объемной закалки для стальных штампов.

Исходные данные для расчета:

Комплект стальных вставок из стали X12MФ пуансона штампа фланцовки 85216524387009 и секций низа – матрицы 85216524387005 для кронштейна рулевого управления.

Стоимость плазменной закалки – **2 руб/см<sup>2</sup>** (это затраты на оборудование, энергию и материалы - данные ООО «Композит»);

По данным ООО «ВМЗ»\*:

Стоимость 1 н/ч работ – 154,27 руб.

Трудоемкость проведения объемной закалки комплекта вставок – 159,65 н/ч.  
 Трудоемкость проведения плазменной закалки комплекта вставок – 120,75 н/ч.  
 Вес закаливаемых частей штампа – 60.262 кг. (15,66 кг – вес пуансона + 44,60 кг – вес матриц секций низа)

Стоимость объемной закалки 1 кг материала – 68,79 руб.

Необходимая к плазменной закалке площадь материала – 842.104 см<sup>2</sup>. (494.10 см<sup>2</sup> – площади прижимной рабочей поверхности матриц секций низа + 347.99 см<sup>2</sup> - площадь прижимной рабочей поверхности пуансона)

Планируемое к производству количество штампов в год – 55 шт.

\*Стоимость работ и материала взята по актуальным данным ООО «ВМЗ» и ООО «Композит».

В таблице приведен расчет экономической эффективности применения плазменной закалки при планируемом годовом объеме изготовления стальных штампов в количестве 55 штук (штампы 85216524387009 и 85216524387005 взяты за образец штамповой оснастки средних размеров из стали).

Таблица 7.1 - Расчет эффективности применения плазменной закалки на оснастке из стали.

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Изготовление штампа с объемной закалкой	Изготовление штампа с плазменной закалкой	Отклонения (+ экономия; - потери)
1	Трудоемкость на изготовление 1 поз.штампа	н/ч	159,65	120,75	+ 38,9
2	Стоимость 1 н/ч	руб.	154,27	154,27	
3	Количество штампов в год	шт.	55	55	
4	Трудоемкость на проведение упрочнения в год	н/ч	19 956.25	15 093.75	+ 4 502.50
5	Фонд оплаты труда	тыс.руб.	1 354.606	1 024.545	+ 330.061

Продолжение таблицы 7.1

6	Отчисления на соц. страх. (30%)	тыс.руб.	406.382	307.364	+ 99.018
7	Итого по зарплате	тыс.руб.	1 760.988	1 331.909	+ 429.079
Расчет на 55 штампов в год					
8	Вес закаливаемых частей 1 штампа	кг	60.262		
9	Стоимость объемной закалки 1кг материала	руб.	68,79		
10	Стоимость объемной закалки на штамп	тыс.руб.	4.145		
11	Стоимость объемной закалки в год	тыс.руб.	227.975		
12	Площадь материала, упрочняемого методом плазменной закалки	см <sup>2</sup>		842.104	
13	Стоимость 1 см <sup>2</sup> плазменной закалки	тыс.руб.		0,002	
14	Стоимость закалки 1 штампа методом плазменной закалки	тыс.руб.		1.684	
15	Стоимость плазменной закалки в год	тыс.руб.		92.620	
Сравнение затрат					
16	Экономия по закалке.	тыс.руб.			+ 135.355
17	Снижение себестоимости	тыс.руб.	1 988.96	1 424.53	+ <b>564.43</b>

Таким образом, в среднем при применении плазменной поверхностной закалки на штамповой оснастке из легированной стали возможна прибыль на снижение затрат порядка **564 тыс. рублей в год** за счет меньших затрат на технологию упрочнения.

Стоит так же отметить, что применяя плазменную поверхностную закалку можно изменить основной технологический процесс, включающий традиционную закалку в печи и поставить операцию термоупрочнения в число заключительных операций. Из-за этого так же сокращаются затраты на

производство, так как на изготовление детали уйдет меньше времени. Это можно наглядно увидеть в приведенных ниже расчетах:

$T_1 = 2013$  минут – время при объемной закалке в печи

$T_2 = 1083$  минуты – время при плазменной закалке

$T_{\text{эк}} = T_1 - T_2 = 2013 - 1083 = 930$  минут (15,5 часов)

$T_{\text{эк.год}} = 930 \times 55 = 51\,150$  минут (852,5 часа)

Как видно, применяя локальную термообработку можно существенно сэкономить время, которое отводится на изготовление пуансона. Правда, в изначальном тех. процессе кроме самой закалки, которая является дорогостоящим процессом из-за высокой стоимости электроэнергии, затрачиваемой на нагрев детали и большого времени на эту операцию, значительное время занимает операция фрезерной обработки с ЧПУ, где снимается слой припуска с закаленной поверхности. Это кстати, так же является недостатком объемной закалки. Ведь приходится расходовать огромное количество дорогостоящего инструмента (если брать в расчет годовую норму выпуска). А так как этот инструмент имеет невысокую стойкость, то его периодически приходится заменять на новый. Отсюда и появляются определенные значительные расходы. Применяя закалку плазменной дугой, даже нет необходимости в дальнейшем обрабатывать поверхность пуансона, она практически сразу будет готова для использования. Так же важно отметить, что закаливать пуансон полностью нет никакого смысла – ведь достаточно будет закалить только рабочую часть пуансона, которая непосредственно подвергается ударным нагрузкам и участвует в процессе формообразования новых деталей [18,19]. Основная суть вышесказанного состоит в том, что мы можем сэкономить на электроэнергии, инструменте, а самое главное – на времени. Неоспоримо – плазменная закалка является отличным решением при производстве штамповой оснастки. К тому же на больших предприятиях и производствах, где изготавливают штампы крупных размеров весом несколько тонн применение данного метода

локальной обработки, будет очень выгодным с экономической точки зрения, а так же зачастую единственно возможным способом [20]. К тому же твердость закаленного поверхностного слоя будет такой же, как и при объемной закалке. А значит снижение затрат на производство крупногабаритных штампов будет в несколько раз больше.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе был проанализирован технологический процесс изготовления пуансона. Были проведены исследования различных материалов, в ходе которых получены результаты твердости при объемной и плазменной закалке. В итоге выбран метод поверхностного упрочнения пуансона, путем применения плазменной закалки. Был подобран инструмент и рассчитаны режимы резания, а так же в разделе «Безопасность и экологичность технологического объекта» составлены таблицы по обеспечению безопасности. В экономическом разделе была рассчитана прибыль на снижение затрат, которая составила более 564 тысяч рублей.

## Список используемой литературы.

1. Коротков, В.А. Поверхностная плазменная закалка. / В.А. Коротков - Научное издание. Нижнетагильский технологический институт, 2012. - 64с.
2. Тополянский, П.А. Исследование ионно-плазменных износостойких покрытий на инструментальных сталях / П.А. Тополянский - М.: Металлообработка, 2004. - 30с.
3. Маталин, А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталин - Л.: Машиностроение. 1995. - 496с.
4. Вардашкин, Б.Н. Станочные приспособления / Б.Н. Вардашкин, А.А. Шатилов – М.: Машиностроение, 2000. – 656с.
5. Палей, М.А. Допуски и посадки: справочник / М.А. Палей – М.: Машиностроение, 2001. – 576с.
6. Справочник технолога – машиностроителя: В 2 т. Т.1 / А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение, 1985. – 665с.
7. Боровик, А.И. Проектирование технологической оснастки / А.И. Боровик – К.: ИЗМН, 1996. – 136с.
8. Обработка металлов резанием / справочник технолога / Под ред. Панова – М.: Машиностроение, 2005. – 765с.
9. Донской, А.В. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении / А.В. Донской, В.С. Клубникин - Л.: Машиностроение, 2003. - 232с.
10. Линник, В.А. Поверхностное упрочнение сталей методом плазменной закалки / В.А. Линник, А.К. Онегина – М.: Металловедение и термическая обработка металлов, 2011. - 25с.



11. Кухтаров, В.И. Изготовление штампов для холодной штамповки / В. И. Кухтаров - М.: Машиностроение, 2015. - 404с
12. Соснин, Н.А. Плазменные технологии / Н.А. Соснин, С.А. Ермаков - Руководство для инженеров, 2008. - 406с.
13. Кучер, А.М. Металлорежущие станки / А.М. Кучер, М. М. Киватицкий – М.: Машиностроение, 1992. - 308с.
14. Геллер, Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А. Геллер - М.: Металлургия, 1975. - 584с.
15. Кудинов, В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В.В. Кудинов, В.М. Иванов – М.: Машиностроение, 1994. – 192с.
16. Budinski, K.G. Surface Engineering for Wear Resistance / K.G. Budinski Prentice-Hall, 1998. – 133p.
17. Krauss, G.R. Steels Heat Treatment and Processing Principles / G.R. Krauss, ASM International, 1990. – 286p.
18. Vielleux, R.F. Materials, Finishing and Coating, Vol 3 / R.F. Vielleux, E.C. Wick - Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Society of Manufacturing Engineers, 1985. – 125p.
19. Edenhofer, B.L. Industrial Processes, Applications and Benefits of Plasma Heat Treatment, Plasma Heat Treatment / B.L. Edenhofer, M.H. Jacobs - Science and Technology, PУC E´dition, 1987. - 415p.
20. Grube, W.L. High-Rate Carburizing in a Glow-Discharge Methane Plasma, Metall / W.L. Grube, J.G. Gay - Trans. A, Vol 91, 1987. – 1429p.

# Приложения:

Технологическая документация











Цех		Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Пуансон										Листов	2	3	
А		Обозначение документа																	
Б		Обозначение документа																	
К/м	Наименование детали, сб. единицы или материала	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.	ЕН	ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
A03	Наименование детали, сб. единицы или материала Фрезерная		020				1F11000426												
B04	Универсально-фрезерный станок мод. 6P13	2	4260	22	1P	1	1	1	1	1	1	150							
O05	Фрезеровать контур пуансона: открытый контур по размеру 165 с припуском 0,5мм на сторону; закрытый контур по размеру 166 окончательно по																		
O06	замерам гнезда плиты. Паз по размеру 15 на глубину 35 мм, фаски на угол 45° согласно чертежа окончательно.																		
T08	Тиски станочные пневматические 7201-0014-02, Фреза твердосплавная концевая 4 ВК8																		
T09	Штангенциркуль с цифровым отсчетом мод.197, Измерительная рука																		
10																			
A11	Плоско-шлифовальная		025				1F11001312												
B12	Плоскошлифовальный мод. 3E711B	2	4133	22	1P	1	1	1	1	1	1	51							
O13	Шлифовать посадочные поверхности пуансона по размеру 165(-0.025мм), 200(-0.029мм) по результатам замеров гнезда плиты.																		
T16	Тиски станочные пневматические 7201-0014-02, Круг шлифовальный																		
T17	Штангенциркуль с цифровым отсчетом мод.197.																		
18																			
A19	Фрезерная с ЧПУ		030				1F11000469												
B20	Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50	2	4234	22	1P	1	1	1	1	1	1	312							
O21	Фрезеровать рабочий контур поверхности пуансона, фрезеровать окончательно занижение прижимной поверхности, полки, паз по размеру 17 с																		
O22	радиусом 3.																		
T23	Тиски станочные пневматические 7201-0014-02, Фреза твердосплавная концевая 4 ВК8																		
T24	Штангенциркуль с цифровым отсчетом мод.197, Измерительная рука																		
25																			
A 26	Расточная		035				1F110000125												
B27	Фрезерный станок с ЧПУ DMF-50	2	0145	22	1P	1	1	1	1	1	1	72							
O28	Сверлить 2 отверстия Ø5.1 на выход. Сверлить, цековать 5 отверстий под крепеж Ø20. Рассверлить освобождение в отверстиях под штифты до																		
O29	Ø13 Н=25 от основания. Сверлить, расточить отверстия Ø15. Сверлить, нарезать резьбу М10 под транспортное отверстие.																		
T30	Тиски станочные пневматические 7201-0014-02, Фреза твердосплавная шпоночная 4 ВК8																		
T31	Штангенциркуль с цифровым отсчетом мод.197.																		
32																			
A33																			
B34																			
МК																			

		Пуансон										Листов 3		3			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.	
																	К/м
A04				040	Слесарная			1F11000019									
B05						2	0108	22	1P	1	1	1	1	1	1		90
O06	Демонтаж, доработать после ЧПУ рабочую поверхность. Притупить острые кромки. Подготовить под термообработку.																
T07	Тиски станочные пневматические 7201-0014-02																
O8																	
O9																	
A10				045	Термическая			0514130113									
B11					Установка УГДЗ-200	2	5130	22	1P	1	1	1	1	1	1		60
O12	Плазменная закалка. Калибровать рабочую поверхность пуансона до достижения твердости 57-61HRC.																
T14	Тиски станочные пневматические 7201-0014-02																
15																	
16																	
A17				050	Слесарная			1F11000019									
B18						2	0108	22	1P	1	1	1	1	1	1		60
O19	Доработать после ЧПУ. Полировать прижимную поверхность и радиуса.																
T20	Тиски станочные пневматические 7201-0014-02																
T21																	
22																	
A23				055	Моечная			1F11000469									
B24						2	0168	22	1P	1	1	1	1	1	1		10
A28				060	Контрольная			1F01590201									
B29						2	1785	22	1P	1	1	1	1	1	1		45
O30	Произвести замеры рабочей поверхности и расположения отверстий с оформлением карты замеров.																
МК																	





