



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
**ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

(наименование института полностью)

**Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением  
и родственные процессы»**

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«    »      20   г.

## ЗАДАНИЕ

### на выполнение бакалаврской работы

Студент Бондаврев Александр Лойзевич

1. Тема «Технология реновации вала центробежного химического насоса»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 1 мая 2017г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе материалы ОАО "Азотреммаш", материалы по практикам и научно-исследовательским работам

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

*Введение (краткие вводные данные, обоснование актуальности темы, формулировка цели)*

*Раздел 1. Анализ состояния вопроса (описание восстанавливаемой детали, описание материала детали, базовая технология восстановления, анализ недостатков базовой технологии, критический анализ известных решений по теме работы, задачи проектирования)*

*Раздел 2. Проектная технология реновации вала (повышение эффективности выбранного способа реновации, описание операций технологического процесса, применяемое оборудование и материалы, контроль качества работ, планировка участка)*

*Раздел 3. Безопасность и экологичность предлагаемых решений (сформулировать опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие внедрение предлагаемых решений, предложить средства снижения воздействия этих факторов, рассмотреть обеспечение пожарной и экологической безопасности)*

*Раздел 4. Экономическое обоснование предлагаемых решений (доказать экономическую эффективность внедрения предлагаемых решений в производство)*

*Заключение по проекту (с доказательством достижения поставленной цели)*

Библиографический список

---

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Изделие – 1 лист

Анализ способов восстановления – 1 лист

Проектная технология восстановления – 1 лист

Оборудование для восстановления – 1...2 листа

Планировка участка – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

---

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль: В.Г. Виткалов

«Экономическая эффективность»: И.В. Краснопевцева

«Безопасность и экологичность»: И.В. Дерябин

7. Дата выдачи задания «13» февраля 2017 г.

Заказчик (указывается должность, место работы

Ученая степень, ученое звание) \_\_\_\_\_

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.Л. Бондарев

(И.О. Фамилия)



## АННОТАЦИЯ

Восстановление изношенных деталей машин позволяет получить существенную экономию металла, трудовых и энергетических ресурсов, а также беречь природные ресурсы и обеспечить охрану окружающей среды. Как показывает практика, восстановление работоспособности изношенной детали требует затрат приблизительно в 5...8 раз меньших, чем производство новой детали. Это особенно актуально в нынешних экономических условиях.

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества реновации вала центробежного химического насоса.

Для достижения поставленной цели были решены задачи:

- 1) разработать проектную технологию восстановительной наплавки;
- 2) выбрать оборудование для осуществления проектного технологического процесса и спроектировать его элементы, повышающие эффективность восстановительной наплавки;
- 3) провести мероприятия, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья производственного персонала.
- 4) произвести экономическое обоснование предложенных технических решений.

В работе предложена схема модернизированной установки для осуществления плазменной наплавки, которая предусматривает наплавку с использованием модулированных импульсов тока и напряжения.

Внедрение результатов работы в производственный процесс позволит получить годовой экономический эффект более 7 млн. рублей.

Пояснительная записка включает 63 страницы, содержит 15 таблиц, 28 библиографических наименований, 13 рисунков. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия и условий его работы	9
1.2 Сведения о материале изделия	12
1.3 Базовая технология наплавки	14
1.4 Анализ способов наплавки	18
1.5 Задачи работы	23
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ	
2.1 Установка для плазменной наплавки	25
2.2 Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов	27
2.3 Порядок работы на установке	30
2.4 Планировка участка плазменной наплавки	32
2.5 Повышение эффективности плазменной наплавки	36
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
3.1 Технологическая характеристика объекта	40
3.2 Персональные риски при осуществлении проектной технологии	42
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	43
3.4 Пожарная безопасность технологического объекта	44
3.5 Экологическая безопасность технологического объекта	46
3.6 Заключение по экологическому разделу	46
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	61

## ВВЕДЕНИЕ

Восстановление изношенных деталей машин позволяет получить существенную экономию металла, трудовых и энергетических ресурсов, а также беречь природные ресурсы и обеспечить охрану окружающей среды. Как показывает практика, восстановление работоспособности изношенной детали требует затрат приблизительно в 5...8 раз меньших, чем производство новой детали. Это особенно актуально в нынешних экономических условиях.

Повышение эффективности ремонта и снижение его трудоёмкости требует использования современных способов восстановления деталей и новых наплавочных материалов. Современные методы восстановления деталей машин позволяют получить следующие преимущества:

- высокая производительность и низкая энергоёмкость наплавочных работ;
- малая толщина наплавленных слоёв и относительно низкое тепловое воздействие на деталь;
- низкая степень перемешивания основного и наплавочного материала, сохранение в наплавленном металле исходных свойств наплавочного материала;
- снижение требований к подготовке поверхности термической обработке восстанавливаемых деталей;
- существенное повышение ресурса работы восстановленной детали.

Высокая надёжность технологического оборудования является главным направлением снижения к минимуму издержек и обеспечения требуемого качества производимой продукции, поэтому актуальными остаются исследования, посвященные разработке современных технологических процессов восстановления и повышения прочности деталей [1].

Применяемые в настоящее время способы восстановления деталей зачастую не обеспечивают соблюдение современных требований по

износостойкости рабочих поверхностей деталей, себестоимости процесса, санитарных норм [2, 3, 4, 5].

Свойства наплавленного металла и его соединение с металлом детали определяются глубиной проплавления основного металла, перемешиванием основного и наплавляемого металлов и переходом элементов основного металла в наплавленный металл [4, 5, 6]. При этом увеличение глубины проплавления и степень перемешивания наплавляемого и основного металлов приводит к интенсивному переходу элементов основного металла в наплавленный металл, ухудшая тем самым свойства наплавленного слоя. Поэтому для изготовления и восстановления ответственных изделий необходимо использование таких способов наплавки, которые обладают минимальным проплавлением или растворением основного металла. Применяющиеся сейчас способы наплавки, которые предусматривают плавление основного и присадочного металлов, исчерпали свои возможности по уменьшению глубины проплавления основного металла и ограничению его перехода в наплавленный металл [7, 8, 9]. Требуемое качество и высокая производительность при восстановлении изношенных деталей могут быть обеспечены при условии использования современных наукоёмких способов, материалов и оборудования. Одним из прогрессивных и динамично развивающихся способов восстановления деталей является плазменная наплавка, позволяющая использование различных наплавочных материалов и обеспечивающая требуемые характеристики восстановленных поверхностей [1, 10, 11].

Одной из деталей, требующих восстановления, является вал химического насоса. Он работает в режиме постоянных нагрузок и истирающих воздействий, является ответственной деталью, работоспособность которой определяет работоспособность и безопасность работы всего насоса.

**Цель работы** – повышение производительности и качества реновации вала центробежного химического насоса.



# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

## 1.1 Описание изделия и условий его работы

Центробежный насос типа «АХ» (рис. 1.1) предназначен для перекачивания химически активных и нейтральных жидкостей. Насос одноступенчатый с закрытым рабочим колесом. Базовой деталью насоса служит корпус из легированной стали. На валу установлено сальниковое уплотнение. Рабочее колесо установлено на консольный участок, вала закреплено с помощью шпонки и в осевом направлении зафиксировано специальной гайкой-обтекателем. По одну сторону рабочего колеса выполнено ступенчатое щелевое уплотнение.

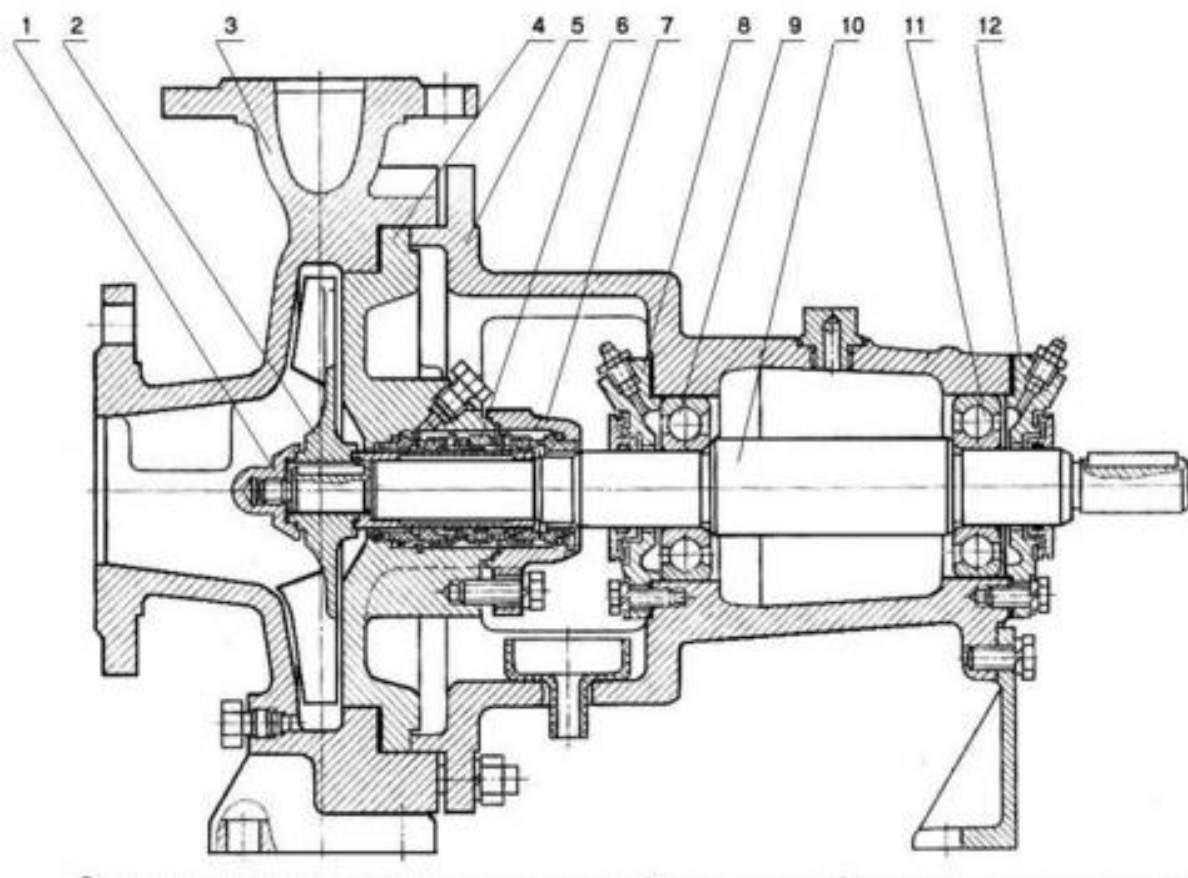
Опорами ротора служат подшипники с жидкой смазкой. Осевое усилие ротора уравнивается с помощью импеллера. Остаточное осевое усилие воспринимает шарикоподшипники.

Среди дефектов валов насосов, которые наиболее часто встречаются на практике, следует отметить:

- изгиб и скручивание вала;
- заусенцы на поверхности вала;
- задиры от прокручивания вала в посадочных местах подшипников;
- изнашивание опорных шеек вала;
- изнашивание шпоночного паза вала;
- разрушение шлицев вала;
- трещины в валу.

Основным требованием, которому должен соответствовать вал после операции восстановления, является обеспечение требуемых размеров и шероховатости восстановленных поверхностей, твердость этих поверхностей. Также необходимо обеспечить получение сплошности покрытия и прочности сцепления с основным металлом наносимых слоев. Необходимо также обеспечить симметричность, соосность, параллельности

боковых поверхностей шлицев и шпоночных пазов вала, отсутствие радиального и торцевого биений на обработанных поверхностях.



1 – гайка рабочего колеса; 2 – рабочее колесо насоса; 3 – корпус насоса с напорным и всасывающим патрубками; 4 – крышка корпуса насоса; 5 – кронштейн насоса; 6 – торцевое уплотнение; 7 – уплотнительная крышка насоса; 8 и 12 – крышки подшипника; 9 и 11 – подшипники; 10 – вал насоса

Рисунок 1.1 – Разрез насоса «АХ»

Дефектаця деталей проводится с целью определения их технического состояния: деформация и износ поверхностей, целостность материала, изменение свойств и характеристик рабочих поверхностей, сохранность формы.

Основными задачами дефектации и сортировки деталей являются:  
- осуществление контроля деталей для определения их технического состояния;

- проведение сортировки деталей на годные детали, подлежащие восстановлению и негодные детали;
- проведение сбора статистических данных о размерах дефектации и результатах сортировки, что будет использовано для совершенствования технологических процессов.

Во процессе дефектации производят следующие действия:

- 1) внешним осмотром невооруженным глазом или с использованием оптических приборов, проверки на ощупь и путём простукивания производят выявление повреждений деталей: забоин, рисок, обломов, трещин, пробоины, задиров, коррозии, ослабления плотности посадки, вмятин.
- 2) применяя универсальные и специальные измерительные инструменты, производят определение геометрических размеров деталей.
- 3) обнаружение скрытых дефектов, проверку на герметичность, упругость, контроль взаимного положения элементов деталей производят с применением специальных приборов и приспособлений.

После проведения дефектации и сортировки деталей их маркируют краской: зеленая – годные детали, жёлтая – детали требуют восстановления, красная – негодные детали. После проведения дефектации производят отправку годных деталей на комплектовочный участок предприятия для сборки агрегатов.

Проведение дефектации осуществляют с учётом технических условий, которые составлены в виде карт. Для каждой детали в карте необходимо наличие следующих сведений:

- сведений общего характера;
- списка возможных дефектов;
- способов, которым можно выявить тот или иной дефект;
- размеров дефектов, при которых допускается эксплуатация без проведения ремонта;
- способов устранения каждого дефекта.

## 1.2 Сведения о материале изделия

Вал насоса изготавливают из стали 14X17H2 (коррозионно-стойкая жаропрочная сталь).

Таблица 1.1 – Химический состав стали 14X17H2 [12, 13]

C	Si	Mn	Cr	S	P
0,11 – 0,17	≤ 0,8	≤ 0,8	16 – 18	≤ 0,025	≤ 0,030

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 14X17H2 [12]

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
300	930...950	1260...1280	16	59...61	78...95	400...444
400	980...1050	1290...1330	16...17	60...62	61...68	388...444
500	970...1000	1110...1200	14...15	60	54...98	363...388

Сталь 14X17H2 является мартенситно-ферритной. Хром приводит к существенному снижению критической скорости охлаждения. Вследствие этого получение мартенсита из аустенита происходит при значительно меньшем содержании углерода по сравнению с углеродистыми сталями. Высокое содержание хром настолько повышает устойчивость аустенита, что даже при нагреве стали до температуры 700 °С (температура интенсивного распада аустенита) для полного распада аустенита потребуется около 300 секунд. Таким образом, при охлаждении в условиях сварки и наплавки, когда скорость охлаждения составляет порядка 0,2 °С/с, в области температур 650...800 °С получается полностью мартенситная структура. Оптимальные механические свойства, сочетающие в себе высокую прочность и высокую пластичность, могут быть достигнуты после двойной термической обработки – закалки и высокого отпуска.

При сварке и наплавке стали 14X17H2 правильный выбор параметров режима может обеспечить выполнение требований к наплавленному металлу

по коррозионной стойкости и жаростойкости. Однако, как правило, не обеспечивается равнопрочность металла шва основному металлу. Поэтому при наплавке необходимо учесть, что для повышения свойств наплавленного металла может потребоваться состав наплавленного слоя несколько отличный от основного металла, например меньшая концентрация углерода, дополнительное содержание титана [13].

Улучшение структуры и свойств стали 14X17H2 достигается посредством высокого отпуска. Применительно к стали 14X17H2 термическая обработка может проводиться через любой промежуток времени после сварки или наплавки (время пролёживания детали неограничено) [13].

Главная цель термической обработки – устранить остаточные напряжения. В процессе термической обработки происходит распад закалочных структур, формирование заданных механических свойств. Оптимальные свойства наплавленного слоя могут быть получены, следующим образом. Наплавку производят с спутсвующим подогревом до 100...200 °С. После наплавки производят так называемое «подстуживание» детали до 100 °С и выдержку в течение 2 часов, для полного распада «аустенит-мартенсит» без образования трещин. Далее производят отпуск изделия в печи при температуре 620...640 °С [13].

Основные особенности сварки стали 14X17H2 [7, 13]:

- высокая вероятность появления межкристаллитной коррозии в процессе эксплуатации изделия, а также появление "ножевой" коррозии по линии сплавления;
- горячие (кристаллизационные) трещины;
- существенное снижение пластических свойств наплавленного металла, длительно работающего при температуре более 350 °С. Охрупчивание происходит в диапазоне температур 350...550 °С вследствие повышенного содержания феррита;

- усиленное по сравнению с углеродистыми сталями коробление изделия по причине низкой теплопроводности и большого коэффициента термического расширения (в диапазоне температур от 0 до 850°C).

Для борьбы с межкристаллитной и «ножевой» коррозией необходимо уменьшить тепловое воздействие на металл изделия в процессе наплавки, повысить скорость наплавки, не производить наплавку на форсированных режимах. Также необходимо произвести механическую обработку (полирование) поверхности восстанавливаемого изделия. Для борьбы с горячими трещинами необходимо производить наплавку с пониженными скоростями и не применять форсированные режимы.

### 1.3 Базовая технология наплавки

По базовому варианту технологии наплавку производят с применением ручной дуговой сварки штучными электродами. Пост наплавки укомплектован сварочным выпрямителем ВД-301 (рис. 1.3 а), который имеет следующие параметры характеристики: номинальное рабочее напряжение – 30 В; номинальную силу тока – 315 А; пределы регулирования сварочного тока – 40...315 А; падающую внешнюю вольтамперную характеристику; массу – 230 кг. Также на посту наплавки имеется балластный реостат РБ, стол (с вытяжной местной вентиляцией), который огорожен от остальных производственных участков светонепроницаемыми экранами.

Наплавку деталей проводят на обратной полярности. До наплавки производят предварительный подогрев деталей. После наплавки деталь охлаждают для обеспечения необходимой твердости. При наплавке необходимо обеспечивать минимальную величину проплавления основного металла, для чего наплавку выполняют на нижнем пределе сварочного тока.

Перед наплавкой поверхность детали необходимо тщательно очищают, удаляя грязь, жир и ржавчину, чтобы исключить образование таких дефектов, как поры в наплавленном металле. Производят удаление механическим путем поверхностных дефектов и ранее наклепанного слоя.

Поверхность, которая имеет неравномерную выработку и большие колебания по высоте, должна быть выравнена механическим путем на металлорежущем оборудовании. Подготовленные под наплавку поверхности и прилегающие к ним участки на ширине не менее 10 мм должны быть зачищены от загрязнений, заусенцев и пр. Производят внешний осмотр подготовленных под наплавку деталей. На поверхности должны отсутствовать трещины, заусенцы, расслоения, шлаковые включения, газовые поры. Шероховатость поверхности под наплавку должна быть не более 12,5 мкм.

Наплавку необходимо производить в помещениях с температурой воздуха не ниже 5 °С. Рабочее место сварщика должно быть ограждено от сквозняков и оборудовано приспособлениями для установки и поворота деталей. Также на рабочем месте сварщика необходимо присутствие теплоизоляционных кожухов, термоящика с песком, подогревателя изделия для сопутствующего и послесварочного подогрева.

Перед наплавкой следует провести прокалику электродов на режимах: температура 300...350 °С, выдержка 1 час, последующее охлаждение на воздухе. После проведения прокалики хранение электродов допускается не более одних суток. При последующем использовании электродов необходимо проведение повторной прокалики.



Рисунок 1.3 – Применяемое технологическое оборудование:

- а) сварочный выпрямитель ВД-301; б) фрезерный станок универсальный СФ676

Наплавке предварительного слоя предшествует проведение подогрева до температур 150...200 °С с использованием индукционного нагревателя.

Восстановительную наплавку осуществляют в нижнем положении, используя постоянный ток обратной полярности. Задают параметры режима наплавки: напряжение на дуге – 18...24 В, сила тока – 100...140 А. Применяют электроды диаметром 4 мм. Чтобы предотвратить выгорание легирующих элементов, наплавку ведут на минимально короткой дуге, длину дуга которой не должна превышать одного диаметра электрода. Электрод следует держать наклонно под углом 15...20 градусов к направлению движения. Осуществляют колебания конца электрода поперек направления наплавки, добиваясь получения наплавленного слоя шириной в 2,5...3 раза больше диаметра электрода.

Для предотвращения деформирования (коробления) вала от перегрева , сварку следует выполнять по спирали с постоянной скоростью вращения вала. В случае продольного наложения швов поступают следующим образом, окружность вала делят на четыре части, сварные валики накладывают поочередно через 180° (рис. 1.4).

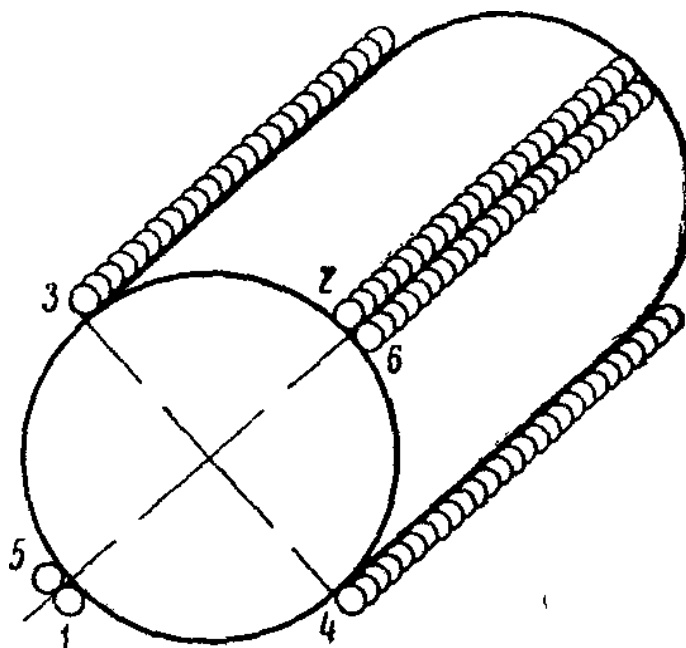


Рисунок 1.4 – Наложение продольных валиков при наплавке изношенного вала



Для наплавки применяют электроды ЦН-2, которые позволяют получить достаточно высокие свойства наплавленного металла (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Типовой химический состав наплавленного металла электродами ЦН-2

Углерод	Кремний	Хром	Вольфрам	Кобальт
1,6...2,2	1,5...2,6	26...32	4...5	59...65

Наплавку в несколько слоёв ведут с тщательной зачисткой предыдущего слоя до состояния «чистый металл».

После наплавки детали помещают в печь при температуре 600...650 °С и подвергают термической обработке. Производят закалку при температуре 970...1020 °С в течение 1 часа и отпуск при температуре 650...680 °С в течение 2...3 часов. Далее детали на участок механической обработки.

До механической обработки на поверхности наплавленной детали допустимо наличие пор, раковин, шлаковых включений, усадочных рыхлот, неровностей, чешуйчатости, которые имеют глубину не более 2/3 припуска на механическую обработку. Трещины не допускаются. После механической обработки на поверхностях при контроле внешним осмотром эти дефекты не допускаются.

. Недостатками базовой технологии являются:

- малая производительность наплавки;
- низкое качество наплавки;
- большие потери металла на угар, разбрызгивание и огарки;
- потери времени и качества из-за периодической смене электрода.

#### 1.4 Анализ способов наплавки

В процессе наплавки штучными электродами (рис. 1.5) электрод располагают вдоль наплавленного валика. Наплавку производят слева направо, препятствует попаданию расплавленного металла на холодный металл и попадание шлака под слой наплавки. Наплавка производится при помощи обычных источников сварочного тока. Чрезмерная величина силы тока вызовет снижение качества наплавки. Способ имеет малую производительность, существенные потери металла на угар и разбрызгивание. Наплавку штучными электродами обычно производят на плоские поверхности в нижнем положении. Толщина наплавленного слоя допускается равной 3...10 мм. Этот способ не требует применения дорогостоящего оборудования для своего осуществления.

В числе недостатков ручной дуговой наплавки также следует отметить непостоянство глубины проплавления основного металла вследствие изменения условий теплопередачи от дуги к основному. В результате происходит постоянное изменение соотношения доли электродного и доли основного металлов, которые участвуют в формировании металла шва, а следовательно, и непостоянство состава наплавленного металла.

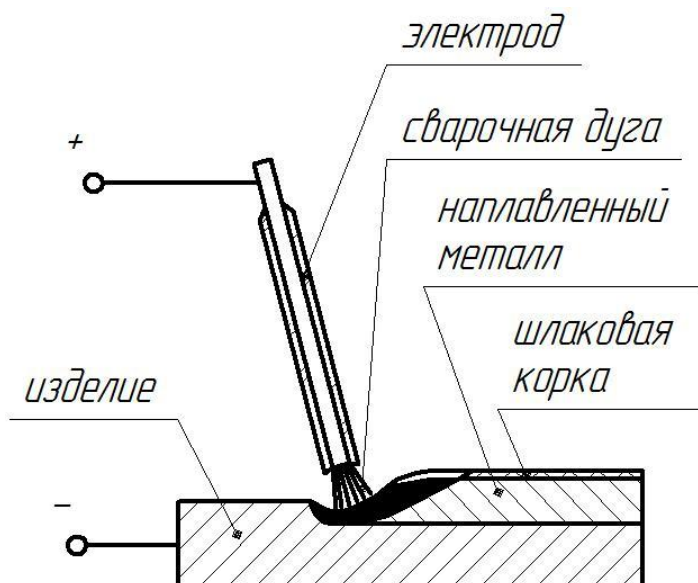


Рисунок 1.5 – Схема процесса ручной дуговой наплавки с применением штучных электродов

Дуговая наплавка под флюсом (рис. 2.2) позволяет резко повысить производительность, экономическую эффективность, качество наплавки и существенно улучшить условия труда сварщиков. Производительность повышается благодаря увеличению сварочного тока и непрерывности процесса сварки. При этом следует учитывать, что увеличение силы тока приводит к увеличению глубины провара, при этом увеличивается доля основного металла в наплавленном слое, что крайне нежелательно в случае наплавки износостойких сплавов.

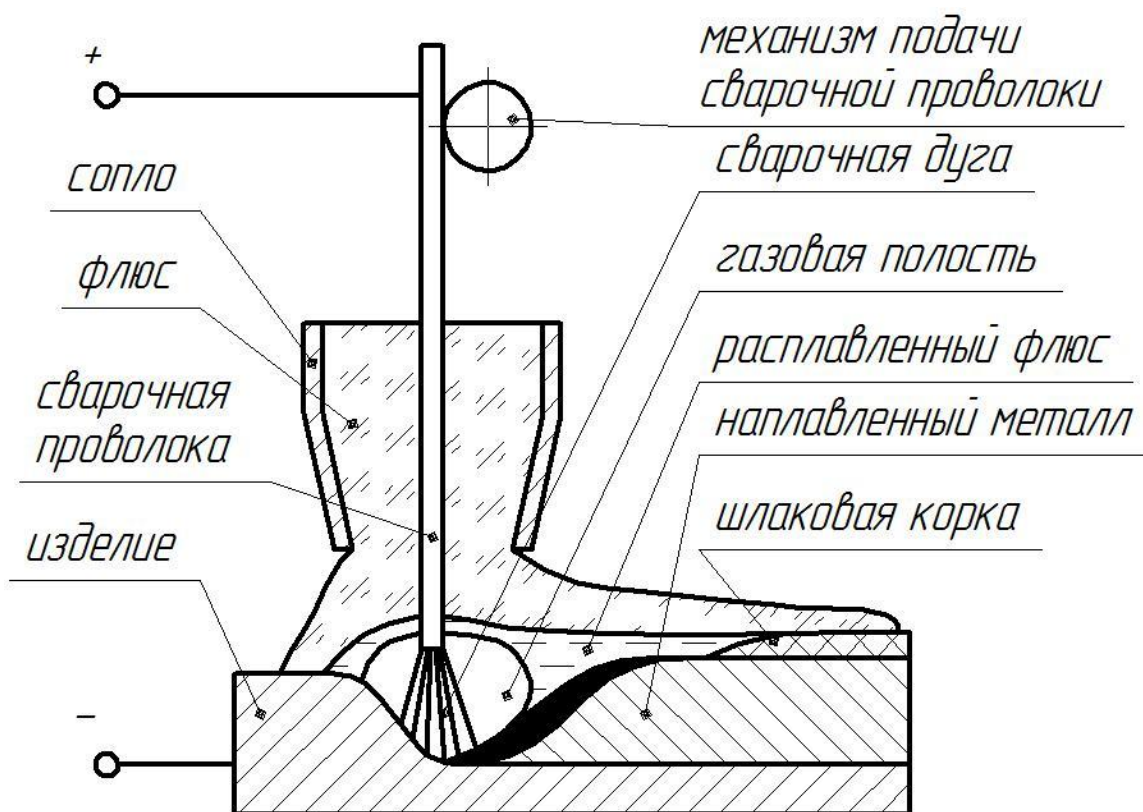


Рисунок 1.6 – Схема процесса наплавки под слоем флюса

Нагрев и плавление металла при наплавке под флюсом осуществляются теплом дуги, которая горит между основным металлом и проволокой под слоем флюса. В качестве преимуществ наплавки под флюсом можно отметить: непрерывность и высокую производительность процесса наплавки, незначительные потери электродного металла, отсутствие излучения дуги, хороший внешний вид наплавленного слоя.

Для осуществления наплавки под флюсом требуется использование специального сварочного оборудования и оснастки. Этот способ обладает

наибольшей производительностью по сравнению с другими способами наплавки. Рациональность применения способа обеспечивается при условиях больших объемов наплавки, больших диаметров поверхностей вращения.

Наплавка в защитных газах (рис. 1.7) применяется в условиях невозможности или затруднения подачи флюса и удаления шлаковой корки. Преимуществами наплавки в защитных газах являются возможность визуального наблюдения за горением дуги, простота механизации и автоматизации процесса наплавки. Наплавку в защитных газах производят в различных пространственных положениях, для внутренних поверхностей и глубоких отверстий, деталей сложной формы и малых габаритов.

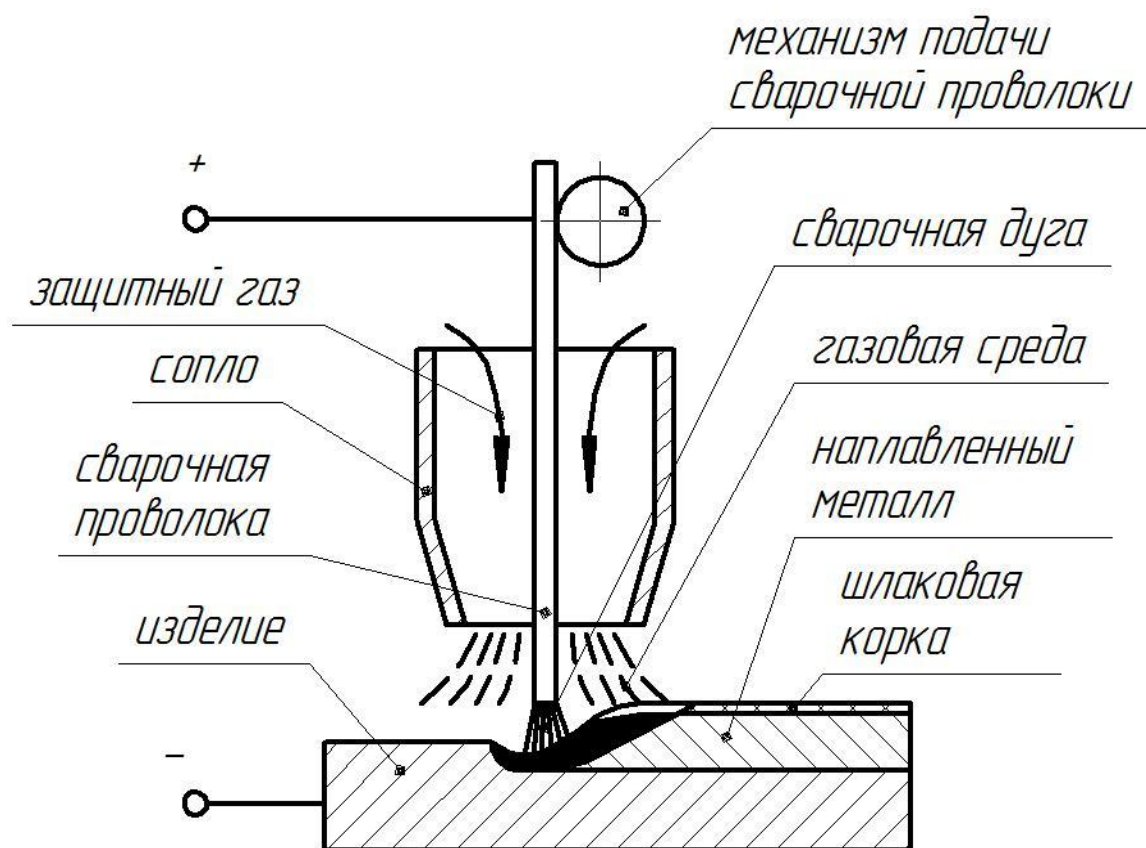


Рисунок 1.7 – Схема наплавки в защитных газах

Для уменьшения разбрызгивания металла наплавку в защитных газах следует производить самой короткой дугой. Во избежание коробления деталей наплавку плоских поверхностей следует производить отдельными участками – «вразброс». Цилиндрические детали наплавляют по винтовой

линии наложением непрерывного валика или с поперечными колебаниями электрода. При наплавке возможно применение как проволоки сплошного сечения, так и порошковой проволоки.

В качестве недостатков использования технологии восстановительной наплавки с применением механизированной сварки в углекислом газе следует отметить склонность к трещинообразованию, получение наплавленного слоя с высокими значениями поверхностного напряжения и сильное разбрызгивание металла при использовании формированных режимов наплавки.

Для проведения наплавки самозащитной порошковой проволокой (рис. 1.8) в сердечник порошковой проволоки дополнительно вводят шлакообразующие и газообразующие материалы. Применение флюса или защитного газа при наплавке самозащитной проволокой не требуется. Из шихты проволоки происходит переход легирующих элементов в сварочную ванну и наплавленный металл, а газообразующие и шлакообразующие материалы обеспечивают защиту металла от воздуха.

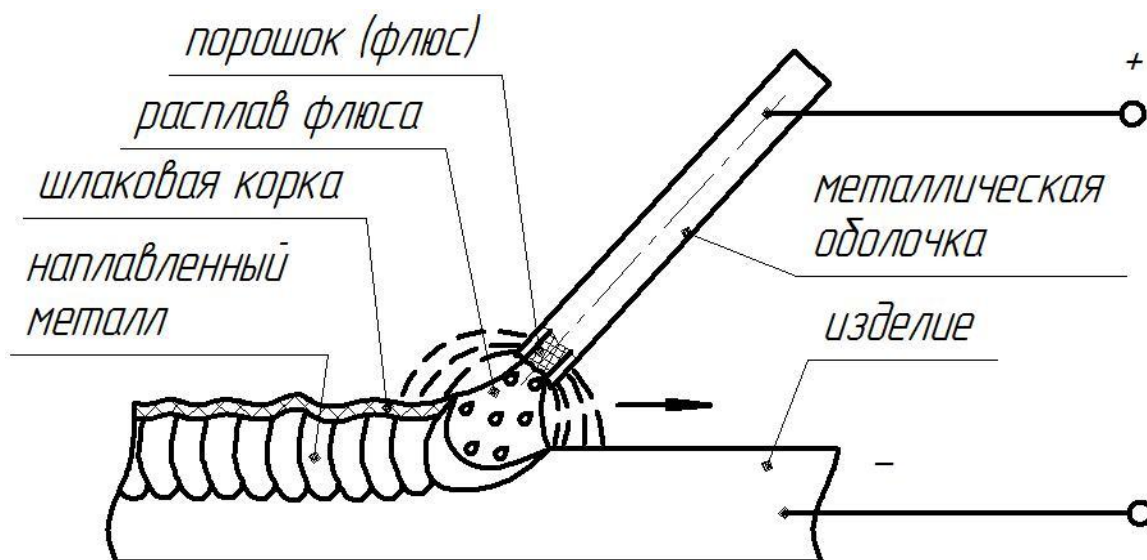


Рисунок 1.8 – Схема наплавки порошковой проволокой

Технология наплавки с применением самозащитной порошковой проволоки практически не отличается от технологии наплавки в защитных газах. Открытая дуга позволяет обеспечить точность направления электрода, наблюдение за формированием наплавленного слоя. Также следует учесть,

что наплавка с применением самозащитных проволок предусматривает использование меньшей стоимости и сложности оборудования по сравнению с оборудованием для наплавки под флюсом и в защитных газах. Также имеется возможность выполнять наплавку на открытом воздухе. Производительность наплавки с применением самозащитных проволок выше, а себестоимость ниже, чем при способах наплавки под флюсом и в защитных газах.

Способы восстановления деталей с применением плазменной наплавки в настоящее время получили наибольшее распространение благодаря возможности получения биметаллических изделий при минимальной глубине проплавления основного металла. Для плазменной наплавки с присадкой порошка используют плазмотрон комбинированного типа (рис. 1.9), при этом порошок и наплавляемую деталь нагревают плазменной дугой прямого действия. Осуществляют подачу по гибкой трубке газом присадочного порошка из питателя в плазмотрон. В плазмотроне присадочный порошок вдувается в дугу через кольцевую щель между стабилизирующим и фокусирующим соплами.

В плазмотрон подают три потока газа. Первый поток – плазмообразующий (служит для стабилизации и сжатия дуги, защиты вольфрамового электрода от окисления), расход плазмообразующего газа составляет 1,5...2,0 л/мин. Второй поток – транспортирующий, который служит для подачи присадочного порошка в плазмотрон и вдувания его в дугу, расход транспортирующего газа составляет 4...6 л/мин. Третий поток – защитный, расход защитного газа составляет 8...12 л/мин [19, 20].

Толщина наплавленного слоя может регулироваться в пределах 0,3...10 мм. В качестве защитного газа используется аргон, углекислый газ, азот, смеси газов. В качестве плазмообразующего применяются аргон, гелий, углекислый газ, воздух.

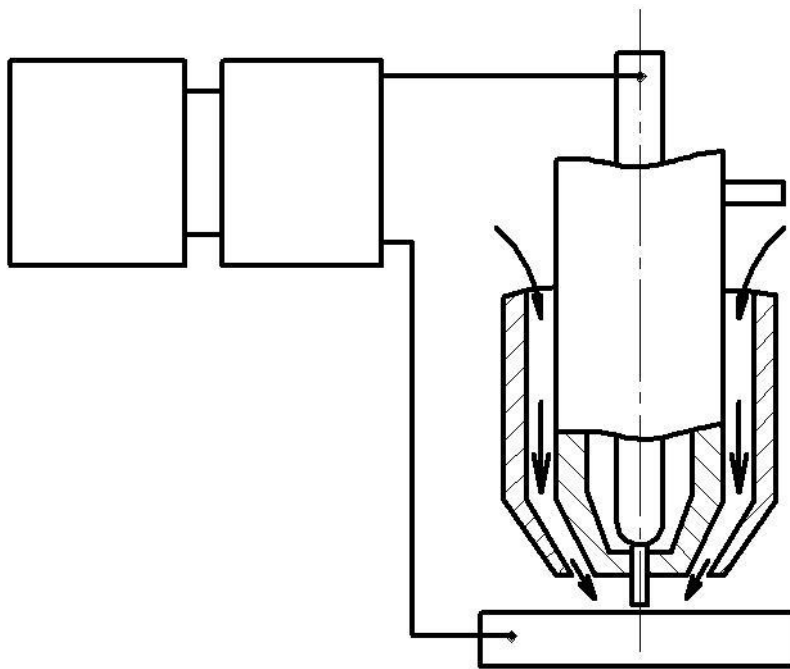


Рисунок 1.9 – Схема плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу

### 1.5 Задачи работы

При анализе состояния вопроса была рассмотрена базовая технология восстановительной наплавки вала с применением ручной наплавки штучными электродами. Недостатками базовой технологии являются:

- малая производительность наплавки;
- низкое качество наплавки;
- большие потери металла на угар, разбрызгивание и огарки;
- потери времени и качества из-за периодической смены электрода.

Для устранения этих недостатков был произведён обзор и анализ альтернативных способов наплавки:

- 1) Ручной дуговой наплавки покрытыми электродами;
- 2) Наплавки под флюсом;
- 3) Наплавки в среде защитных газов;
- 4) Наплавки порошковой проволокой;
- 5) Плазменной наплавки.

На основании анализа рассмотренных способов при составлении проектной технологии восстановления детали предложено использовать плазменную наплавку.

Таким образом, достижение поставленной цели будет произведено путём решения следующих задач:

- 1) разработать проектную технологию восстановительной наплавки;
- 2) выбрать оборудование для осуществления проектного технологического процесса и спроектировать его элементы, повышающие эффективность восстановительной наплавки;
- 3) провести мероприятия, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья производственного персонала.
- 4) произвести экономическое обоснование предложенных технических решений.



## 2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ

### 2.1 Установка для плазменной наплавки

Установка (рис. 2.1) содержит станину 1, на которой находится каретка, состоящая из передней 2 и задней 3 бабки, в центрах которых крепится деталь 4, привода вращения 5 детали, состоящего из электродвигателя 6, ременной передачи 7, подшипникового узла 8 и тахогенератора 9, привода продольного перемещения 10 каретки, состоящего из электродвигателя 11, редуктора 12, ременной передачи 13 и тахогенератора 14, который осуществляет перемещение каретки с помощью ходового винта 15, каретка ограничена перемещением с помощью конечных выключателей 16, для деталей больших размеров как дополнительная опора используется центрирующее устройство 17, на кронштейне станины закреплены плазматрон 18 с механизмом подачи проволоки 19, пирометр 20 и контрольное устройство 21, все устройства связаны с блоком управления 22.

Деталь 4 закрепляется в центрах, плазматрон 18 устанавливается в исходное положение с определенным зазором между поверхностью и соплом плазматрона, после чего блок управления 22 запускает привод вращения 5 детали типа "Вал" 4 и поджигается дуга. Плазматрон 18 нагревает поверхность детали 4 до температуры предельного теплового насыщения в выбранном режиме. Пирометр 20 контролирует нагрев поверхности перед фронтом плазменной дуги, при достижении заданной температуры блок управления 22 получает информацию с пирометра 20 и в свою очередь запускает привод продольного перемещения 10 детали, и дает сигнал на плазматрон 18 о подаче наплавочного материала. Во время наплавки устройство 21 контролирует толщину наплавляемого слоя.

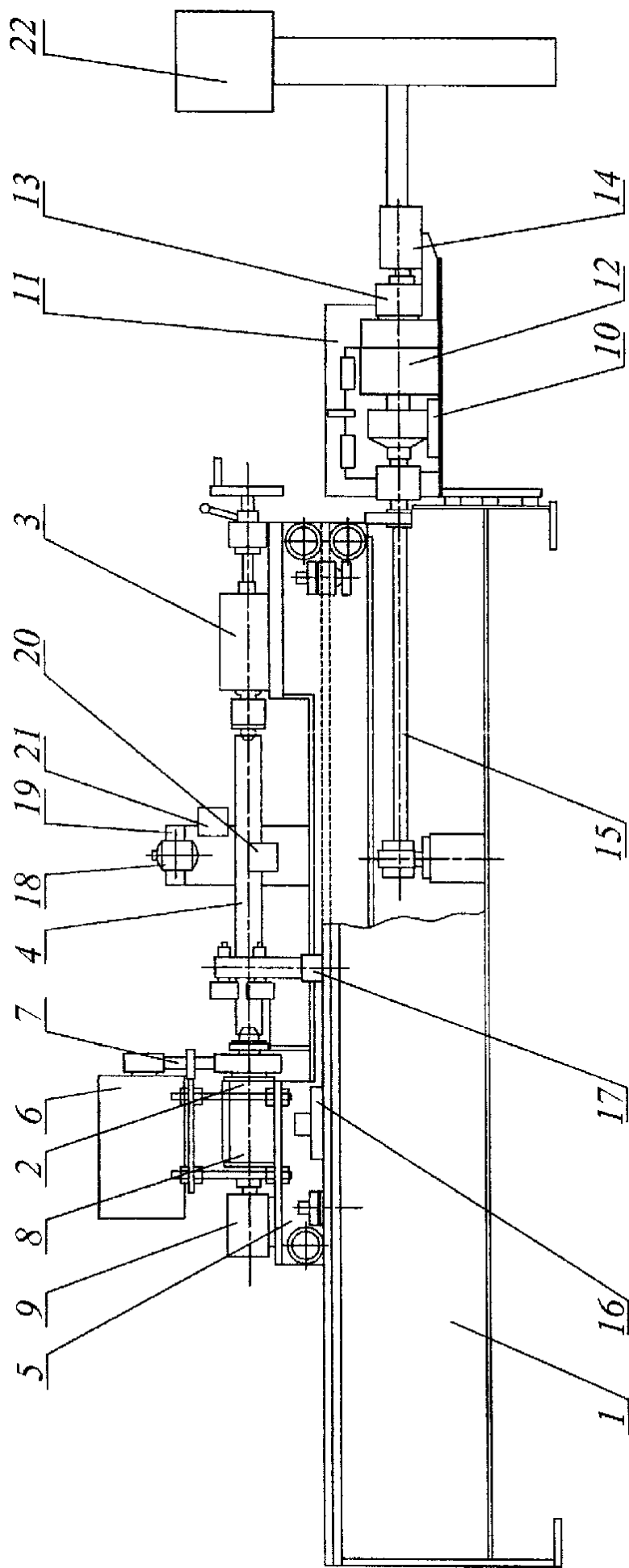


Рисунок 2.1 – Установка для плазменной наплавки

В случае отклонения от заданных размеров слоя блок управления 22 считывает информация с контрольного устройства 21 и дает сигнал на привод продольного перемещения 10 каретки и привод вращения 5 детали, которые меняют соответственно скорость перемещения детали и частоту вращения детали посредством тахогенераторов 9, 14.

Стабильные условия наплавки и однородность покрытия по составу, структуре и физико-механическим свойствам можно обеспечить за счет необходимой частоты вращения и скорости перемещения детали, а также за счет контроля толщины наплавленного слоя. Частоту вращения и скорость перемещения детали контролируют соответствующие приводы. По достижению заданной температуры проплавления основного металла блок управления получает информацию с пирометра и запускает привод перемещения каретки. Во время наплавки контрольное устройство контролирует толщину наплавляемого слоя.

## 2.2 Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов

Плазменную наплавку деталей производят с применением порошков на основе износостойких присадочных металлов, которые отличны по составу и структуре от основного металла. Уменьшение деформаций и предупреждение трещин производят путём получения минимальной зоны плавления.

При плазменных способах возможно применение порошков самофлюсующихся сплавов системы Ni-Cr-B-Si (ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4, СНГС-50, СНГС-55, СНГС-60, ПН70Х17С4Р4). В качестве преимуществ использования такого материала для наплавки, можно отметить хорошую адгезию к подложке, высокую прочность покрытия, сопротивление ударным нагрузкам, хорошую связь слоёв покрытия друг с другом. Также следует отметить, что при работе с порошками самофлюсующихся сплавов не

требуется высокой температуры напыления, а получаемое покрытие обладает хорошим сопротивлением против износа в условиях действия повышенных температур. Главным недостатком самофлюсующихся сплавов системы Ni-Cr-B-Si является их высокая стоимость, а также большая разница в коэффициентах термического расширения основного металла и покрытия, приводящая к повышению склонности к отслаиванию.

При наплавке возможно применение композиционных порошков, например, системы никель-алюминий (ПТ-НА-01, НА-67, ПНА-75, ПНА-80, ПНА-95). На основе таких порошков возможно получение прочных, твердых покрытий, обладающих хорошими антифрикционными характеристиками в сочетании с высокой жаростойкостью и жаропрочностью. Недостатком этих порошков является малое сопротивляемость знакопеременным нагрузкам, также следует отметить высокую твердость покрытия при слабой его адгезии к основе.

Для напыления также возможно применение механических смесей порошков из никелевого самофлюсующегося сплава + карбида вольфрама. Получаемые покрытия обладают высокой стойкостью к абразивному изнашиванию и фреттинг коррозии, высокой твердостью, хорошей связью между слоями в покрытии. При напылении таких порошков не требуется применение высоких температур. Недостатками использования таких порошков в плазменных процесса восстановления являются: малое значение сопротивлений ударным нагрузкам, малая стойкость при высоких температурах, большая цена порошка.

Для осуществления плазменной наплавки в качестве наплавочного порошка могут применяться порошковые твердые сплавы на никелевой основе (ПР-Н70Х17С4Р4, ПР-Н77Х15С3, ПР-Н73Х16С3Р3). Также в качестве наплавочного порошка могут применяться сплавы и на железной основе (ПГ-С27, ПГ-УС25, ПГ-ФБС6-2, ПГ-С1).

Твёрдость покрытия, полученного с применением порошка на никелевой основе составляет 35...58 HRC. Твёрдость покрытия, полученного с применением порошка на железной основе составляет 42...60 HRC.

Грануляция наплавочного порошка быть не менее 100 мкм. Меньшая грануляция приводит к значительному окислению и выпадению порошка, забиванию сопла плазмотрона. Для плазменной наплавки вала в качестве наплавочного порошка предложим твёрдые сплавы на железной основе: УС-25, сормайт-1, ФБХ-6-2+3%Al, ПГ-СП4+3%Al. Эти порошки имеют приемлемую цену, позволяют получить покрытие с высокой износостойкостью, выпускаются отечественной промышленностью. Следует иметь учёт, что покрытие, наплавленное с применением твёрдых сплавов, обладает значительной хрупкостью, наплавке существует опасность образования трещин. Добавка в порошок 8% по весу алюминия устраняет опасность появления трещин в наплавленном слое. При добавке алюминия не снижается износостойкость наплавленных слоев, даже происходит некоторое её повышение.

В качестве плазмообразующего газа используется аргон, расход которого составляет 1,5...2 л/мин. В качестве транспортирующего газа, который осуществляет подачу порошка в сварочную ванну и защиту, может применяться аргон с расходом 6...10 л/мин или азот с расходом 10...16 л/мин. Применение аргона в качестве защитного и транспортирующего газа повышает качество наплавки. Но для рассматриваемого изделия целесообразнее использование дешёвого азота. Применение азота в качестве защитного и транспортирующего газа в случае наплавки порошками на железной основе и добавления к ним порошкового алюминия обеспечивает получение износостойких покрытий с высоким качеством. Химический состав рекомендуемых наплавочных порошков приведён в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Химический состав наплавочных порошков на основе железа

Марка порошка / химический элемент	ПГ-ФБХ-6-2	ПГ-СР4
Ni	1,3 – 2,5	3 – 5
C	3,5 – 6,5	3,1 – 4,3
Cr	32 – 37	27 – 31
Si	1,0 – 2,5	1,0 – 3,0
B	1,3 – 2,0	—
Mn	0,4 – 1,5	0,5 – 1,3
W	1,5 – 4,0	0,4 – 0,7
Mo	-	0,15
Fe	Основа	Основа

### 2.3 Порядок работы на установке

Детали на восстановительный участок подают в оборотной таре, используя внутрицеховые транспортные средства. На участке расположен стеллаж, где происходит складирование деталей.

Очистка деталей от загрязнений – наиболее характерная и специфическая операция при ремонте. Качество её проведения в значительной мере определяет производительность труда ремонтных рабочих, качество восстановления, долговечность и надежность отремонтированных машин. Правильное проведение очистки деталей является залогом повышения культуры производства и улучшения внешнего вида всего ремонтного производства.

Очистку вала перед наплавкой производят с использованием щелочного состава, препаратами МЛ-51 или МЛ-52 берущимися в виде водного раствора с концентрацией 10...30 г/литр и температурой 75...80 °С.

Очистку деталей перед наплавкой производят с использованием установки ММА1. Продолжительность очистки составляет 30...40 минут.

После очистки детали подают на рабочее место дефектовщика, который производит осмотр деталей, выявляя дефекты, измеряет величину износа.

Далее деталь передаются на стол проведения подготовительных работ. В целях улучшения адгезии напыляемого слоя производят дробеструйную обработку поверхности вала.

Плазменную наплавку валов с использованием предлагаемой наплавочной установки осуществляют следующим образом.

Производят засыпку просушенного присадочного порошка в бачок питателя установки. Закрепляют восстанавливаемый вал в центрах станка и при помощи установочного приспособления позиционируют плазменную горелку на требуемой высоте от вала.

Открывают вентили баллонов и при помощи редукторов устанавливают требуемое давление плазмообразующего, транспортирующего и защитного газов. Включают подачу воды и убеждаются в факте её прохода через горелку и слива в канализацию.

Включают в сеть пульт управления. Включают токарный станок, зачищают при помощи металлической щётки или наждачной шкурки место наплавки, устанавливают необходимые значения скорости вращения детали и шага наплавки.

Устанавливают ток дежурной и прямой дуги. Включают местную вентиляцию. Включают источник тока.

Открывают вентиль подачи плазмообразующего и транспортирующего газов, при помощи манометра и ротаметра устанавливают их соответствующий расход: расход аргона 1,5...2 л/мин, расход азота 10...16 л/мин.

Тумблером включают пульт управления. Посредством нажатия кнопки "Пуск" на пульте управления включают двигатель порошкового питателя, устанавливают необходимый расход наплавочного порошка. Тумблером на

пульте управления включают колебательный механизм. Производят регулировку частоты его колебаний.

Включают прямую дугу, начинают наплавку, в случае необходимости при помощи реостатов производят коррекцию тока. Ток наплавки – 170 А, напряжение на дуге – 30 В, расход порошка – 15 г/мин.

Включают продольную подачу станка.

После проведения наплавки необходимо произвести:

- выключение установки.
- отключение подачи порошка.
- отключение подачи в горелку всех газов.
- выключение контактора, включающего прямую дугу.
- выключение колебателя горелки.
- снятие наплавленного вала.

## 2.4 Планировка участка плазменной наплавки

Габаритные размеры (длину и ширину) производственного участка устанавливаем из условия минимальности периметра здания при заданной площади, это позволит получить наименьшую стоимость строительства здания.

При расстановке оборудования необходимо соблюдение следующих требований. Расстояние от задней стороны станка до стены здания должно быть не менее не менее 1 м. Установку вытяжных зонтов в смежных отделениях производим рядом друг с другом, объединить их в один дымоотвод.

Технологическую планировку производственной зоны выполняем в виде плана, содержащего расстановку технологического оборудования, на листе формата А1 с соблюдением норм и требований ЕСКД в масштабе 1:25 или 1:50. Планировка участка показывает размещение средств оснащения производства внутри проектируемого подразделения предприятия, которое



производится с учетом их функционального назначения, санитарно-технических и строительных норм.

Расстановку оборудования необходимо выполнять, обеспечивая свободный пути для транспорта по прямой линии, при этом не должно происходить пересечения основных потоков. Необходимо задавать рабочие зоны таким образом, чтобы не было пересечения их траекторией движения транспортных механизмов. Необходимо предусмотреть место для хранения крупногабаритных изделий и материалов.

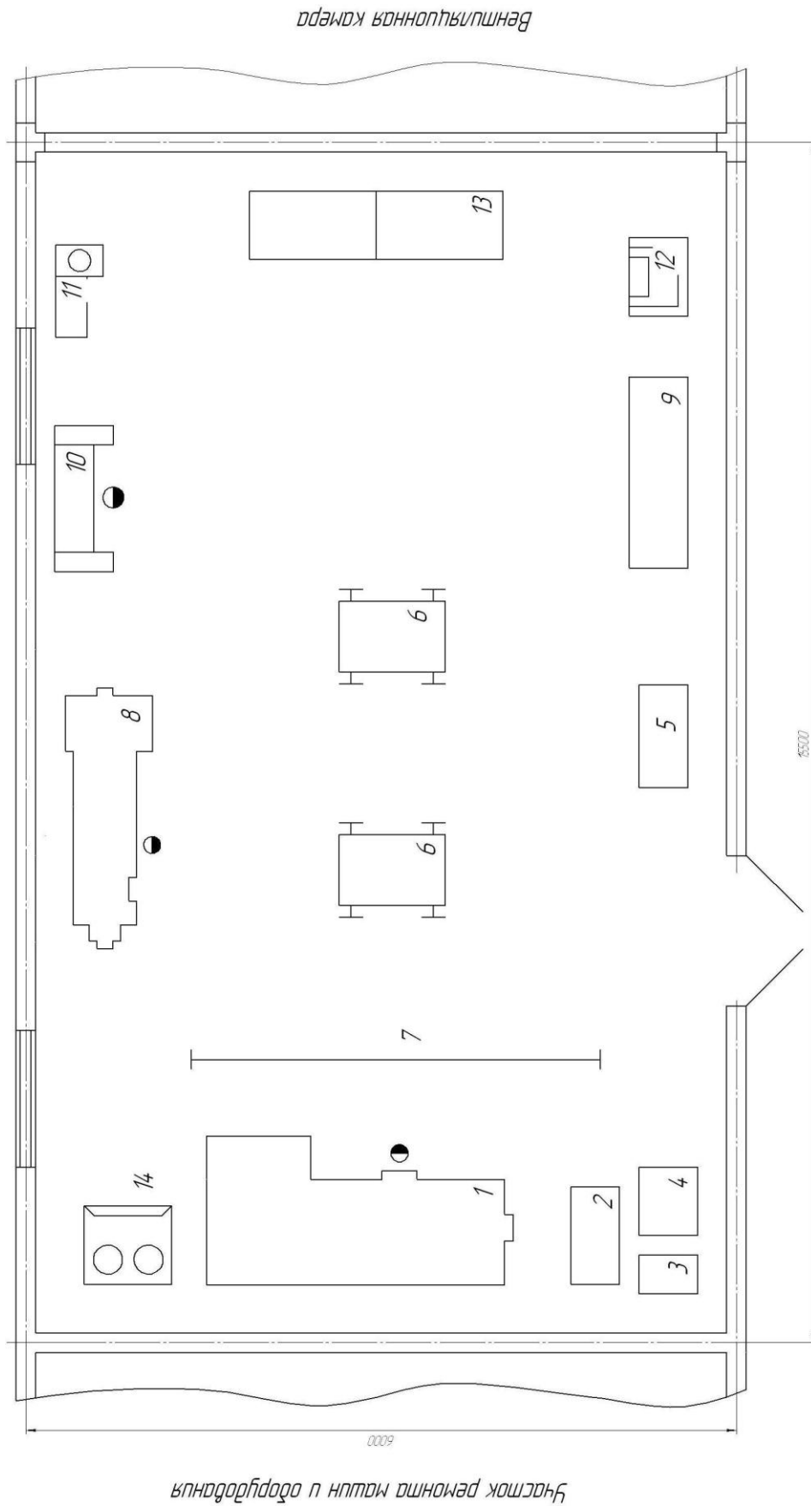
В случае обслуживания одним рабочим нескольких единиц оборудования необходимо предусмотреть удобство расположения всех рабочих зон и минимальные переходы между ними. Для облегчения обслуживания целесообразно произвести расположение рабочих мест со стороны проходов. Постоянно используемое оборудование необходимо располагать в зоне наибольшего естественного освещения.

Указывают номера участков и оборудования в сводной ведомости (табл. 2.2).

Размещение элементов технологического оборудования производят по их отношению друг другу в соответствии операциями технологического процесса, предусматривая возможность применения отдельно стоящих станков и стенов.

Таблица 2.2 – Сводная ведомость оборудования мастерской

№ п/п	Технологическое оборудование и оснастка	Кол-во	Марка, тип, модель	Габариты, мм	Площадь, Занимаемая технологическим оборудованием, м <sup>2</sup>
1	Токарный станок	1	16К20	3080 × 1565	4,82
2	Установка для наплавки	1	ОКС11233	3080 × 1565	4,82
3	Гидравлический пресс	1	ОКС167Ш	1500 × 640	0,96
4	Копировально-шлифовальный станок	1	ЗА433	725 × 530	0,38
5	Стол для проведения контроля	1	ОРГ-1468-01,09А	2400 × 800	1,92
6	Шкаф для хранения инструмента	1	ОРГ-1468-0,7-040	860 × 360	0,31
7	Муфельная печь	1	Н-30	610 × 645	0,39
8	Тележка для перемещения изделий, подлежащих восстановлению	1		740 × 520	0,38
9	Тележка для перемещения восстановленных изделий	1		740 × 520	0,38
10	Стойка для размещения газовых баллонов	1		460 × 580	0,26
11	Стеллаж для приготовления наплавочного порошка	1		1200 × 800	0,96



Участок ремонта машин и оборудования

Вентиляционная камера

1 - Установка плазменная; 2 - Выпрямитель сварочный; 3 - Осцилятор; 4 - Реостат балластный; 5 - Шкаф; 6 - Тележка передвижная; 7 - Перегородка защитная; 8 - Станок токарный; 9 - Стеллаж для приготовления порошков; 10 - Станок копировально-шлифовальный; 11 - Пресс; 12 - Печь муфельная; 13 - Стол для контроля; 14 - Стойка для контроля.

Рисунок 2.2 – Планировка участка

## 2.5 Повышение эффективности плазменной наплавки

В предлагаемую по проектной технологии установку для плазменной наплавки внесены конструктивные изменения [21]. Модернизированная установка (рис. 2.3) состоит из плазмотрона 1, обрабатываемой детали 2, источника 3 постоянного тока, дросселя 4, контура дуги косвенного действия с модулятора 5 косвенной дуги, балластного сопротивления 6 и блока управления 7, контура дуги прямого действия между катодом "К" и деталью 2 с модулятором 8 дуги прямого действия, балластного сопротивления 9 и блока управления 10., контура дуги прямого действия между анодом "А" и деталью 2 с модулятором 11, балластного сопротивления 12 и блока управления 13, блока согласования 14 работы модуляторов.

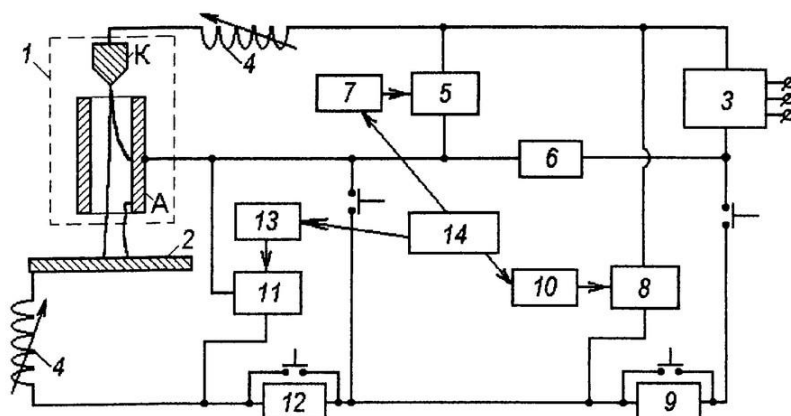


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема модернизированной установки плазменной наплавки

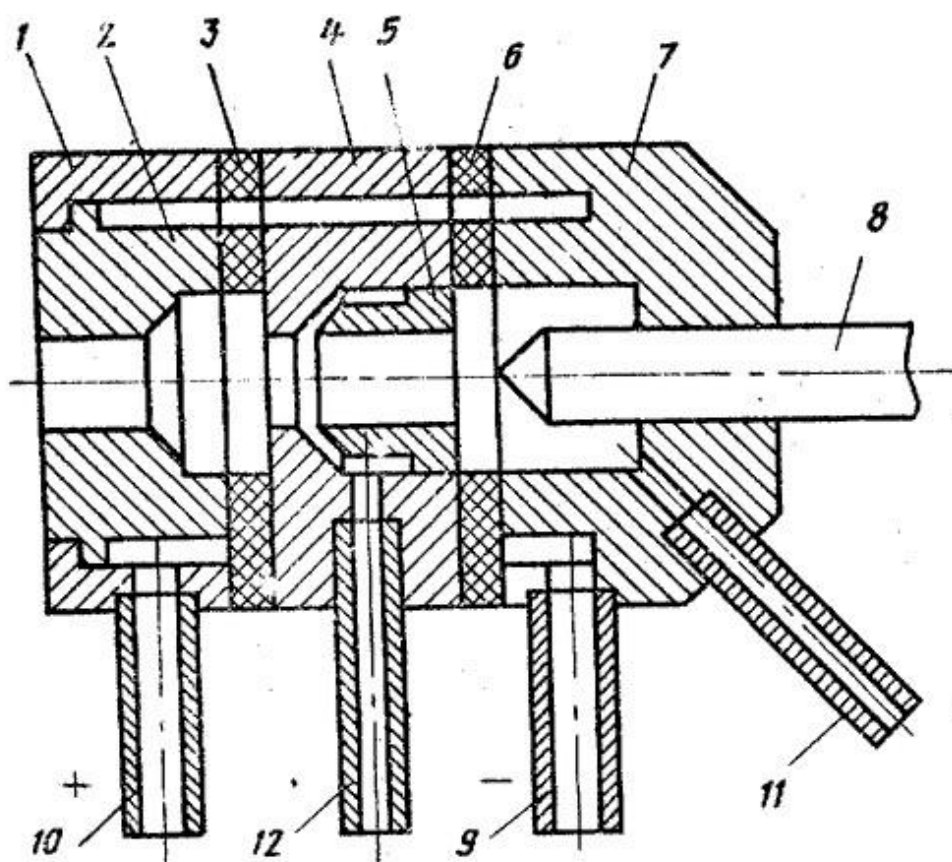
Термоактивации поверхности детали 2 производят зажиганием дуги прямого действия, которая горит между катодом "К" плазмотрона 1 и деталью в контуре, состоящем из источника питания 3, балластного реостата 9, дросселя 4, модулятора 8 с блоком управления 10. При помощи модулятора 8 производят модулирование тока дуги прямого действия. Для этого блоком управления 10 и величиной балластного сопротивления 9 устанавливают средний ток значением 15...20 А, среднее напряжение значением 130...160 В, мощность импульсов 50...100 кВт, частоту модуляций разрядного тока 900...1600 Гц, длительность импульса 300...500 мкс.

Затем производят подачу плазмообразующего газа в плазмотрон 1 и зажигание дуги косвенного действия, которая горит между катодом "К" и анодом "А" в контуре, состоящем из источника питания 3, балластного реостата 6 и модулятора 5 с блоком управления 7. В плазменную струю дуги косвенного действия производят подачу наплавляемого порошка. В процессе наплавки при помощи модулятора 5 производят модулирование тока косвенной дуги. Блоком управления 7 и величиной балластного сопротивления 6 задаются величину среднего ток дуги 140...160 А, среднего напряжения 180. ..220 В, амплитуды мощности импульсов 10...50 кВт, частоты модуляции разрядного тока 4000...5000 Гц, длительности импульсов 50...60 мкс.

Оплавление получаемого покрытия производят путём включения дугу прямого действия, которая горит между анодом "А" плазмотрона 1 и деталью 2 в контуре, состоящем из балластного реостата 12, дросселя 4 и модулятора 11 с блоком управления 13. При помощи модулятора 11 модулируют ток. Блоком управления 13 и величиной балластного сопротивления 12 задают значение среднего тока 8...15 А, среднего напряжения 110. ..150 В, амплитуды мощности импульсов 100...250 кВт, частоты модуляции разрядного тока 300...400 Гц, длительности импульса 1400...1600 мкс.

Использование дуги прямого действия, горячей между катодом и деталью, позволяет произвести предварительный подогрев изделия. При помощи дуга, горячей между анодом и деталью, происходит окончательное проплавление покрытия до основы. Это повышает прочность сцепления с основным металлом наплавляемого покрытия. Осуществление модуляции тока у дуг косвенного действия и прямого действия позволяет стабилизировать процесс термической активации поверхности детали п порошка, повысить гибкость управления процессом наплавки. Совмещение процессов напыления и оплавления позволяет повысить производительность и снизить энергозатраты при наплавке.

Конструкция предлагаемого плазматрона (рис.2.4) состоит из корпуса плазматрона 1, в который запрессовано сопло-анод 2. К корпусу плазматрона 1 через изолирующую прокладку 3 крепится узел подачи порошка, состоящий из корпуса 4 и ограничительной втулки 5. Ограничительная втулка 5 имеет, по наружной поверхности цилиндрическую проточку и конический торец, а также осевое отверстие для прохода дуги. Она запрессована в корпусе 4 узла подачи порошка так, что ее конический торец образует с конической проточкой в корпусе узкий конический канал, который служит для фокусировки порошка на ось плазматрона.



1 - корпус плазматрона; 2 - сопло-анод; 3 – прокладка; 4 - корпус узла подачи порошка; 5 - ограничительная втулка; 6 - изолирующая прокладка; 7 – катододержатель; 8 – катод; 9, 10 – патрубки воды; 11 – патрубок плазмообразующего газа; 12 – патрубок подвода порошка

Рисунок 2.4 – Предлагаемая конструкция плазматрона

К корпусу 4 узла подачи порошка через изолирующую прокладку 6 крепится узел катода, состоящий из катододержателя 7 и катода 8.

Детали плазмотрона 2...7 имеют сообщающиеся полости для прохода охлаждающей воды. Плазмотрон подсоединяется к источнику постоянного электрического тока, «минус» – к патрубку 9, «плюс» – к патрубку 10. К этим патрубкам подсоединяется также охлаждающая вода. Патрубок 11 служит для подвода плазмообразующего газа, а патрубок 12 – для подвода порошка.

Предложенная конструкция работает следующим образом. Между катодом катода 8 с соплом-анодом 2 горит электрическая дуга. Дуга проходит через осевые отверстия втулки 3. Плазмообразующий газ, проходя через электрическую дугу, нагревается до высокой температуры и истекает через осевое отверстие в сопле-аноде 2 в виде факела. Порошок подается в плазмотрон при помощи транспортирующего газа через патрубок 12. Затем, проходя кольцевой зазор и конический канал узла подачи, поступает в дуговой промежуток.

Так как узел подачи порошка расположен в промежутке между катодом и соплом-анодом и изолирован от них, порошок гарантированно попадает в самую горячую область – дуговой промежуток, чем обеспечивается наилучшее проплавление зерен наносимого материала.

## 3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Проектная технология восстановления вала с применением плазменной наплавки включает выполнение следующих технологических операций: 1) мойки; 2) дефектации; 3) подготовки поверхности; 4) наплавки; 5) правки; 6) шлифования; 7) контроля качества.

Осуществление этих операций производится на участке, содержащем следующие элементы технологического оборудования: 1) установки плазменной; 2) выпрямителя сварочного; 3) осциллятора; 4) реостата балластного; 5) станка токарного; 6) станка копировально-шлифовального; 7) пресса; 8) печи муфельной.

Выполнение наплавочных работ может сопровождаться несчастными случаями и возникновением у персонала профессиональных заболеваний.

За соблюдением правил техники безопасности на предприятиях следит инспекция Госгортехнадзора РФ, инспектор ЦК профсоюзов, Государственная санитарная инспекция и Государственная инспекция пожарной охраны.



Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника, который выполняет операцию технологического процесса	Применяемые устройства, оборудование, приспособления	Применяемые вещества и материалы
1. Мойка	Слесарь-сборщик	Моечная машина Magido L331	Щелочной раствор, вода техническая
2. Дефектация	Дефектоскопист	Микрометр MS-111, призма базирующая	Ветошь
3. Подготовка поверхности	Слесарь-сборщик	1) Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М 3) Краскопульт SATA-LM2000	Дробь стальная, Мастика защитная РУНАКРОМ-М3
4. Наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Установка плазменная ОКС-11233, копир подпружиненный вращающийся центр, патрон Т-100-0014	Порошок наплавочный ПГ-СРЧ+3%Al
5.Правка	Слесарь-сборщик	Пресс гидравлический ОКС 1671 Н	Ветошь
6. Шлифование	Слесарь-станочник	Копировально-шлифовальный станок 3А433, микрометр МК 25-50, образцы шероховатости	Ветошь, СОЖ
7. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа 4 крат, призма II-3-3, штатив III-1-8, индикатор ИЧ02 кл I, плита III-1-100	Ветошь

### 3.2 Персональные риски при осуществлении проектной технологии

Таблица 3.2 –Профессиональные риски

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источники опасных и вредных производственных факторов
1	2	3
1. Мойка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования</li> <li>- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования</li> <li>- повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне</li> <li>- повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека</li> </ul>	Моечная машина Magido L331
2. Дефектация	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования</li> </ul>	Микрометр MS-111, призма базирующая
3. Подготовка поверхности	<ul style="list-style-type: none"> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	1) Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М 3) Краскопульт SATA-LM2000
4. Наплавка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов</li> <li>- повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека</li> <li>- повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне</li> <li>- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования</li> <li>- повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне</li> </ul>	Установка плазменная ОКС-11233, копир подпружиненный вращающийся центр, патрон Т-100-0014

1	2	3
5.Правка	- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Пресс гидравлический ОКС 1671 Н
6. Шлифование	- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Копировально-шлифовальный станок 3А433, микрометр МК 25-50, образцы шероховатости
7. Контроль качества	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне	Лупа 4 крат, призма П-3-3, штатив Ш-1-8, индикатор ИЧ02 кл I, плита Ш-1-100

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные мероприятия и технические средства для защиты, снижения и устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок	Периодический инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Нанесение предупреждающих надписей, соответствующей окраски, установка ограждений	-

1	2	3
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Периодический инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Организация заземления электрических машин и периодического контроля изоляции.	-
5. Высокий уровень ультрафиолетовой радиации	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Высокий уровень инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Высокая запыленность и загазованность воздуха в рабочей зоне	Организация вентиляции	Респиратор

### 3.4 Пожарная безопасность технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарная автоматика	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываются)	'	'	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок ремонтной наплавки	Оборудование для проведения наплавочных работ	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	замыкание на проводящие ток части технологических установок напряжения с высоким значением на оборудовании, агрегатах, изделиях и иного имущества; термохимическое воздействие огнетушащих веществ, которые используются при пожаре, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Ремонтная наплавка	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

### 3.5 Экологическая безопасность технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Ремонтная наплавка	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы; сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от порошка бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Ремонтная сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

### 3.6 Заключение по экологическому разделу

При выполнении данного раздела выявлены опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие проектную технологию. Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов проекта. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. Наблюдается угроза экологической безопасности. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитариию.

## 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

### 4.1 Исходные данные для экономического расчета

В базовом варианте технологии восстановление изношенных валов производится наплавкой с использованием ручной дуговой сварки. В проектном варианте технологии предлагается использовать плазменное напыление на изношенных участках. Внедрение проектного варианта в производство позволит снизить трудоемкость, облегчить труд рабочего и получить годовую экономию благодаря снижению себестоимости процесса восстановления дефектного оборудования. Экономический эффект предполагается получить благодаря внедрению более производительного метода восстановления и благодаря повышению производительности труда.

Экономические расчеты производим по изменяющимся операциям технологического процесса восстановления изделия.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№ п/п	Наименование показателя	Условн. обознач.	Единица измер.	Варианты	
				Базов.	Проект.
1	Цена присадочного материала	Цэл	Руб/кг	270	410
2	Коэффициент, учитывающий наличие транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
3	Часовая тарифная ставка	Сч	руб/час	200	200
4	Коэффициент, учитывающий наличие доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Коэффициент, учитывающий наличие отчислений на дополнит. заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Коэффициент, учитывающий наличие отчисл. на соц. нужды	Ксс	%	34	34
7	Величина балансовой стоимости технологического оборудования	Цоб	рублей	24000	56000
8	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	21	21

1	2	3	4	5	6
9	Суммарная мощность технологического оборудования	Му	кВт	3,64	4,4
10	Коэффициент полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,7
11	Цена электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	1,79	1,79
12	Удельный расход аргона	Узг	М <sup>3</sup> /час	-	50
13	Цена аргона	Цзг	Руб/м <sup>3</sup>	-	90
14	Стоимость аренды площадей	Сэкспл	Руб/м <sup>2</sup>	1800	1800
15	Площадь, необходимая для размещения технологического оборудования	S	М <sup>2</sup>	8	11
16	Коэффициент, учитывающий. Наличие затрат на проведение монтажа и демонтажа технологического оборудования	Кмонт	%	3	2
17	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
19	Коэффициент, учитывающий наличие цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
20	Коэффициент, учитывающий наличие заводских расходов	Кзав	-	2,15	2,15
21	Коэффициент, учитывающий наличие внепроизводственных расходов	Квн	%	5	5
22	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2
23	Срок службы восстановленного вала базовой и проектной технологиям	Тб/Тпр	Год	2	3
24	Программа восстановления валов годовая	Пг	Шт	5000	5000

#### 4.2 Расчет норм времени

Нормы времени рассчитываем на изменяющиеся операции в проектном и базовом технологическом процессе. Величину машинного времени берем из технологической части выпускной работы.

Вычисляем штучное время :



$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} \quad (4.1)$$

где  $t_{маш}$  – машинное время;

$t_{всп}$  – вспомогательное время,  $t_{всп}=10\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{обсл}$  – время обслуживания оборудования и рабочего места,  $t_{обсл} = 10\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{отл}$  – время на личный отдых рабочего,  $t_{отл} = 5\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{п-з}$  – время подготовительно-заключительное,  $t_{п-з} = 1\%$  от  $t_{маш}$ .

$$t_{маш.баз.} = 4000/160 = 25 \text{ мин} = 0,4 \text{ часа}$$

$$t_{шт.баз.} = 25 + 25 \cdot 10\% + 25 \cdot 10\% + 25 \cdot 5\% + 25 \cdot 1\% = 31,5 \text{ мин.} = 0,525 \text{ час}$$

$$t_{маш.п.} = 4000/300 = 13,33 \text{ мин} = 0,22 \text{ часа, тогда}$$

$$t_{шт.п.} = 13,33 + 13,33 \cdot 10\% + 13,33 \cdot 10\% + 13,33 \cdot 5\% + 13,33 \cdot 1\% = 16,789 \text{ мин.} = 0,28 \text{ час}$$

#### 4.3 Фонд времени работы оборудования и количество оборудования

Расчёт номинального годового фонда времени работы оборудования производим по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C, \quad (4.2)$$

где  $D_p$  – количество рабочих дней в году;

$T_{см}$  – продолжительность смены;

$T_{п}$  – количество часов, на которые сокращается смена в предпраздничные дни;

$D_{п}$  – количество предпраздничных дней;

$C$  – количество смен.

$$F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы оборудования производим по формуле:

$$F_э = F_n \cdot (1 - B/100), \quad (4.3)$$

где  $B$  – плановые потери рабочего времени.

$$F_э = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

Производим расчёт число рабочих мест (требуемых единиц технологического оборудования), которые необходимы на выполнение операций технологического процесса по формуле:

$$n_{\text{ДАН}\times} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \dot{I}_{\bar{A}}}{F_{\bar{Y}} \cdot \hat{E}_{\hat{A}\bar{I}}}, \quad (4.4)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – штучное время наплавки поверхности, час ;

$\text{Пг}$  – годовая программа, штук в год;

$F_{\bar{Y}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования, час;

$n_{\text{расч}}$  – расчетное количество мест, шт.;

$K_{\text{вн}}$  – значение коэффициент выполнения нормы ( $K_{\text{вн}}=1,1$ ).

$$n_{\text{ДАН}\times \cdot \bar{a}} = \frac{0,525 \cdot 5000}{4108 \cdot 1,1} = 0,58 \text{ шт.}$$

$$n_{\text{ДАН}\times \cdot \bar{i} \delta} = \frac{0,28 \cdot 5000}{4108 \cdot 1,1} = 0,31 \text{ шт.}$$

Число рабочих мест  $n_{\text{пр}}$ , определяем путём округления величины  $n_{\text{расч}}$  до большего целого числа,

По базовому варианту технологии  $n_{\text{пр}} = 1$  шт, по проектному варианту технологии  $n_{\text{пр}} = 1$  шт.

Вычисляем значение коэффициента, учитывающего загрузку рабочих мест (технологического оборудования) по формуле:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}, \quad (4.5)$$

где  $n_{\text{расч}}$  – расчетное количество оборудования;

$n_{\text{пр}}$  – принятое количество оборудования.

$$K_{\text{з.баз.}} = 0,58/1 = 0,58$$

$$K_{\text{з.пр.}} = 0,31/1 = 0,31$$

После вычисления коэффициента загрузки, принимаем количество основных рабочих место по одному для базовой и проектной технологиям.

#### 4.4 Общие капитальные затраты

Расчёт капитальных затрат по базовому варианту производим по формуле:

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = K_{\text{ОБ.Баз.}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Баз.}} \cdot K_{3.\text{Баз.}}, \quad (4.6)$$

где  $C_{\text{ОБ}}$  – остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб;  
 $n$  – количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы;

$K_3$  – значение коэффициента загрузки оборудования.

$$C_{\text{ОББ}} = C_{\text{ПЕРВ}} - (C_{\text{ПЕРВ}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.7)$$

где  $C_{\text{ПЕРВ}}$  – стоимость приобретения оборудования, руб – 24000 руб;

$T_{\text{СЛ}}$  – срок службы оборудования на момент выполнения дипломного проекта, лет – 2,5 года по данным предприятия;

$N_A$  – норма амортизации оборудования.

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 24000 - (24000 \cdot 2,5 \cdot 21 / 100) = 11400 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 1 \cdot 11400 \cdot 0,58 = 6612 \text{ рублей}$$

Расчёт капитальных затрат по проектному варианту производим по формуле:

$$K_{\text{ОБЩ.П.}} = K_{\text{ОБ.П.}} + K_{\text{ПЛ.П.}} + Z_{\text{СОП.П.}}, \quad (4.8)$$

где  $K_{\text{ОБ.П.}}$  – капитальные вложения в оборудование, руб;

$K_{\text{ПЛ.П.}}$  – капитальные вложения в дополнительные площади, руб;

$Z_{\text{СОП.П.}}$  – сопутствующие капитальные затраты, рублей

$$K_{\text{ОБ.П.}} = n \cdot C_{\text{ОБ.П.}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{3.\text{п.}}, \quad (4.9)$$

где  $C_{\text{ОБ.П.}}$  – стоимость приобретения нового оборудования, руб (56000 рублей);

$K_{\text{Т-З}}$  – значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы на доставку оборудования;

$n$  – количество единиц технологического оборудования;

$$K_{\text{ОБ.П.}} = 1 \cdot 56000 \cdot 1,05 \cdot 0,31 = 18228 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ПЛ.П.}} = C_{\text{ПЛ.}} \cdot (S_{\text{ПР}} - S_{\text{Б}}) \cdot K_{3.\text{п.}}, \quad (4.10)$$

где  $S_{\text{ПР}} - S_{\text{Б}}$  – дополнительная площадь по проектному варианту, м<sup>2</sup>;

$C_{\text{ПЛ}}$  – стоимость приобретения площади, руб/м<sup>2</sup>.

$$K_{\text{ПЛ.П.}} = 3000 \cdot (11 - 8) \cdot 0,31 = 2790 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{СОП}} = Z_{\text{ДЕМ}} + Z_{\text{МОНТ}}, \quad (4.11)$$

где  $Z_{\text{ДЕМ}}$  – затраты на осуществление демонтажа оборудования по базовой технологии, руб;

$Z_{\text{МОНТ}}$  – затраты на осуществление монтажа оборудования, рублей

$$Z_{\text{ДЕМ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} / 100, \quad (4.12)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – значение коэффициента, учитывающего затраты на демонтаж, %.

$$Z_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 24000 \cdot 3 / 100 = 720 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{МОНТ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.ПР.}} \cdot K_{\text{МОНТ}} / 100,$$

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж проектного оборудования, %.

$$Z_{\text{МОНТ}} = 1 \cdot 56000 \cdot 2 / 100 = 1120 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{СОП}} = 720 + 1120 = 1840 \text{ рублей}$$

Расчёт капитальных затрат по проектному варианту технологии:

$$K_{\text{ОБЩ.П.}} = 18228 + 2790 + 1840 = 22858 \text{ рублей}$$

Расчёт дополнительных капитальных вложений производим по формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.П.}} - K_{\text{ОБЩ.Баз.}} \quad (4.13)$$

$$K_{\text{ДОП}} = 22858 - 6612 = 16246 \text{ рублей}$$

Расчёт удельных капитальных вложений производим по формуле:

$$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ.}} / \Pi_{\Gamma}, \quad (4.14)$$

где  $\Pi_{\Gamma}$  – годовая программа выпуска, шт/год.

$$K_{\text{УД.Баз.}} = K_{\text{ОБЩ.Б.}} / \Pi_{\Gamma} = 6612 / 5000 = 1,32 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{УД.П.}} = K_{\text{ОБЩ.ПР.}} / \Pi_{\Gamma} = 22858 / 5000 = 4,57 \text{ рублей}$$

#### 4.5 Технологическая себестоимость сравниваемых вариантов

Расчет величины технологической себестоимости проводим по изменяющимся операциям технологического процесса.

##### Расчёт затрат на вспомогательные материалы

Расчёт затраты на электродный сварочный материал по базовой технологии производим по формуле:

$$M_{\text{баз.}} = M_{\text{ЭЛБ}} = C_{\text{ЭЛ}} \cdot N_{\text{рЭЛ}}; \quad (4.15)$$

где  $C_{\text{ЭЛ}}$  – цена электродов, руб/кг;

$N_{\text{рЭЛ}}$  = норма расхода электродов, кг.

$$M_{\text{баз.}} = 270 \cdot 0,48 = 129,6 \text{ рублей}$$

Расчёт затраты на присадочный материал по проектной технологии производим по формуле:

$$M_{\text{п.п.}} = C_{\text{п}} \cdot N_{\text{рп}}, \quad (4.16)$$

где  $C_{\text{п}}$  – цена порошка, руб/кг;

$N_{\text{рп}}$  = норма расхода порошка, кг.

$$M_{\text{п.п.}} = 410 \cdot 0,448 = 138,88 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на защитный газ для проектного варианта производим по формуле:

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{рз.г.}}, \quad (4.17)$$

где  $C_{\text{з.г.}}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{\text{рз.г.}}$  – норма расхода защитного газа, литр.

$$Z_{\text{з.г.}} = 90 \cdot 0,213 = 19,17 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на материалы в проектной технологии:

$$M_{\text{п.}} = M_{\text{п.п.}} + Z_{\text{зг}} = 138,88 + 19,17 = 158,05 \text{ рублей}$$

##### Расчёт затрат на заработную плату основных производственных рабочих и отчислений на социальные нужды

Расчёт затрат на основную заработную плату производим по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (4.18)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$K_d$  – значение коэффициента доплат к основной заработной плате;

$t_{шт}$  – норма штучного времени, час

$$Z_{осн.баз.} = 0,525 \cdot 200 \cdot 1,88 = 197,4 \text{ рублей}$$

$$Z_{осн.п.} = 0,28 \cdot 200 \cdot 1,88 = 105,28 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на дополнительную заработную плату производим по формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100, \quad (4.19)$$

где  $K_{доп}$  – значение коэффициента, учитывающего отчисления на дополнительную заработную плату.

$$Z_{доп.баз.} = 197,4 \cdot 12 / 100 = 23,69 \text{ рубля}$$

$$Z_{доп.п.} = 105,28 \cdot 12 / 100 = 12,63 \text{ рубля}$$

Расчёт фонда заработной платы производим по формуле:

$$\Phi ЗП = Z_{осн} + Z_{доп}. \quad (4.20)$$

$$\Phi ЗП_{баз.} = 197,4 + 23,69 = 221,09 \text{ рублей}$$

$$\Phi ЗП_{п.} = 105,28 + 12,63 = 117,91 \text{ рублей}$$

Расчёт отчислений на социальные нужды производим по формуле:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сс} / 100, \quad (4.21)$$

где  $K_{сс}$  – значение коэффициента, учитывающего отчисления на социальные нужды, %.

$$O_{сн.баз.} = 221,09 \cdot 34 / 100 = 75,17 \text{ рублей}$$

$$O_{сн.п.} = 117,91 \cdot 34 / 100 = 40,08 \text{ рублей}$$

#### Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Расчёт затрат на амортизацию оборудования производим по формуле:

$$\hat{A}iá = \frac{\hat{E}iá \cdot t\grave{a}ø \cdot \acute{I}à \cdot n}{Fy \cdot 100}, \quad (4.22)$$

где  $K_{об}$  – капитальные вложения в оборудование по базовому и проектному вариантам, руб;

$N_a$  – норма амортизации оборудования, %;

$t_{маш}$  – машинное время.

$$A_{обб} = \frac{16612 \cdot 0,41 \cdot 21 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 0,34 \text{ рублей}$$

$$\hat{A} \hat{a} \hat{i} \hat{\delta} = \frac{22858 \cdot 0,28 \cdot 21 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 0,26 \text{ рублей}$$

Расчёт расходов на электрическую энергию

$$\hat{D} \hat{y} - \hat{y} = \frac{\hat{I} \hat{o} \cdot \hat{O} \hat{y} - \hat{y} \cdot \hat{t} \hat{i} \hat{\delta} \cdot n}{\hat{E} \hat{i} \hat{A}}, \quad (4.23)$$

где  $M_y$  – мощность установки, кВт;

$\text{Цэ-э}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки;

$n$  – количество установок.

Мощность технологического оборудования определим по параметрам режима сварки: сила тока и напряжение,

$$M_{y.баз.} = 125 \cdot 23 = 2875 \text{ Вт} = 2,75 \text{ кВт}$$

$$\hat{D} \hat{y} - \hat{y} \hat{a} = \frac{2,75 \cdot 1,79 \cdot 0,41 \cdot 1}{0,7} = 2,88 \hat{\delta} \hat{o} \hat{a}.$$

$$M_{y.п.} = 340 \cdot 30 = 10200 \text{ Вт} = 10,2 \text{ кВт}$$

$$\hat{D} \hat{y} - \hat{y} \hat{i} \hat{\delta} = \frac{10,2 \cdot 1,79 \cdot 0,22 \cdot 1}{0,7} = 5,73 \hat{\delta} \hat{o} \hat{a}.$$

Рассчитываем затраты на оборудование по формуле:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э} \quad (4.24)$$

$$Z_{об.баз.} = 0,34 + 2,88 = 3,22 \text{ рублей}$$

$$Z_{об.п.} = 0,26 + 5,73 = 5,99 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на амортизацию, содержание и эксплуатацию площадей

Расчёт затрат на амортизацию производственных площадей производим по формуле.

$$\hat{A} \hat{i} \hat{e} = \frac{\hat{O} \hat{i} \hat{e} \cdot S \cdot \hat{t} \hat{o} \hat{\delta} \cdot \hat{I} \hat{a} \hat{i} \hat{e}}{\hat{F} \hat{y} \cdot 100}, \quad (4.25)$$

где  $\text{Цпл}$  – стоимость приобретения площадей, руб/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь, необходимая для выпуска изделий,  $m^2$ ;

Нпл – амортизационные отчисления на площади, %.

$$A_{i \text{ ä}} = \frac{3000 \cdot 21 \cdot 0,525 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 3,38 \text{ рублей}$$

$$A_{i \text{ ë } \delta} = \frac{3000 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 2,06 \text{ рублей}$$

Расчёт расходов на содержание и эксплуатацию площадей производим по формуле:

$$R_{\text{экс}} = C_{\text{экс}} \cdot S \cdot \text{шт} / F_{\text{э}} \quad (4.26)$$

где  $C_{\text{экс}}$  – стоимость эксплуатации площадей.

$$R_{\text{экс.баз.}} = 1800 \cdot 21 \cdot 0,525 / 2054 = 9,66 \text{ рублей}$$

$$R_{\text{экс.п.}} = 1800 \cdot 24 \cdot 0,28 / 2054 = 5,88 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на производственные площади производим по формуле:

$$Z_{\text{пл}} = A_{\text{пл}} + R_{\text{экс}} \quad (4.27)$$

$$Z_{\text{пл.баз.}} = 3,38 + 9,66 = 13,04 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{пл.п.}} = 2,06 + 5,88 = 7,94 \text{ рублей}$$

#### Расчёт технологической себестоимости

Расчёт технологической себестоимости производим как сумму всех затрат по формуле:

$$C_{\text{тех}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сн}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} \quad (4.28)$$

$$C_{\text{тех.баз.}} = 129,6 + 221,09 + 75,17 + 3,02 + 13,04 = 442,12 \text{ рублей}$$

$$C_{\text{тех.п.}} = 158,05 + 117,91 + 40,08 + 5,99 + 7,94 = 329,97 \text{ рублей}$$

#### 4.6 Цеховая себестоимость

Расчёт цеховой себестоимости производим по формуле:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + R_{\text{цех}}; \quad (4.29)$$

где  $R_{\text{цех}}$  – цеховые расходы, рублей

$$R_{\text{цех}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} \quad (4.30)$$

где  $K_{\text{цех}}$  – значение коэффициента, учитывающего цеховые расходы;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата рабочих, рублей



$$C_{\text{цех.баз.}} = 442,12 + 197,4 \cdot 1,5 = 442,12 + 296,1 = 738,22 \text{ рублей}$$

$$C_{\text{цех.п.}} = 329,97 + 105,28 \cdot 1,5 = 329,97 + 157,92 = 487,89 \text{ рублей}$$

#### 4.7 Заводская себестоимость

Расчёт заводской себестоимости производим по формуле:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + R_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + K_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.31)$$

где  $R_{\text{зав}}$  – заводские расходы, рублей

$K_{\text{зав}}$  – значение коэффициента, учитывающего общезаводские расходы

$$C_{\text{зав.баз.}} = 738,22 + 197,4 \cdot 2,15 = 738,22 + 424,41 = 1162,63 \text{ рублей}$$

$$C_{\text{зав.п.}} = 487,89 + 105,28 \cdot 2,15 = 487,89 + 226,35 = 714,24 \text{ рублей}$$

Таблица 4.2 – Структура себестоимости восстановительной наплавки

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	проект
1	Затраты на материалы	М	129,6	158,05
2	Величина фонда заработной платы	ФЗП	221,09	117,91
3	Отчисление на социальные нужды	Осн	75,17	40,08
4	Величина затрат на оборудование	Зоб	3,22	5,99
5	Величина затрат на площади	Зпл	13,04	7,94
	Значение технологической себестоимости	Стех	442,12	329,97
6	Величина цеховых расходов		296,1	157,92
	Значение цеховой себестоимости	Сцех	738,22	487,89
7	Величина заводских расходов		424,41	226,35
	Значение заводской себестоимости	Сзав	1162,63	714,24

#### 4.8 Экономическая эффективность проекта

Расчёт показателя снижения трудоемкости производим по формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штГБ}} - t_{\text{штГП}}}{t_{\text{штГБ}}} \cdot 100\% \quad (4.32)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,525 - 0,28}{0,525} \cdot 100\% = 46\%$$

Расчёт показателя снижения технологической себестоимости производим по формуле:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{ОАО}} = \frac{\tilde{N}_{\text{ОАОА}} - \tilde{N}_{\text{ОАОБ}}}{\tilde{N}_{\text{ОАОА}}} \cdot 100\% \quad (4.33)$$

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{442,12 - 329,97}{442,12} \cdot 100\% = 25\%$$

Расчёт показателя повышения производительности труда производим по формуле:

$$\Pi_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.34)$$

$$\Pi_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 46}{100 - 46} = 85\%$$

Расчёт условно-годовой экономической эффективности производим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{Зав.Баз.}} - C_{\text{Зав.П.}}) \cdot \Pi_{\text{T}} \quad (4.35)$$

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (1162,63 - 714,24) \cdot 5000 = 2241950 \text{ рублей}$$

В результате применения проектной технологии получено повышение срока службы вала по сравнению с базовой технологией. Также получено снижение себестоимости операции восстановления. Поэтому получаемый экономический эффект будет и в сфере производства, и в сфере эксплуатации.

Расчёт годового экономического эффекта в сфере производства производим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{Г.П.}} = [(C_{\text{Зав.Баз.}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{уд.Баз.}}) - (C_{\text{Зав.П.}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{уд.П.}})] \cdot \Pi_{\text{T}} \quad (4.36)$$

$$\text{Эг.п.} = [(1162,63 + 0,33 \cdot 1,32) - (714,24 + 0,33 \cdot 4,57)] \cdot 5000 = 2236588 \text{ рублей}$$

Годовой экономический эффект в сфере эксплуатации

$$\text{Эгэ} = [(C_{\text{Зав.Баз.}} \cdot T_2 / T_1 + E_H \cdot K_{\text{уд.Баз.}}) - (C_{\text{Зав.П.}} + E_H \cdot K_{\text{уд.П.}})] \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.37)$$

где  $T_2$  и  $T_1$  – срок службы по проектному и базовому вариантам соответственно.

$$\text{Эгэ} = [(1162,63 \cdot 3/2 + 0,33 \cdot 1,32) - (714,24 + 0,33 \cdot 4,57)] \cdot 5000 = 5143162 \text{ рублей}$$

Расчёт суммарного экономического эффекта

$$\text{Э}\Sigma = \text{Эгэ} + \text{Эгп} = 2236588 + 5143162 = 7378750 \text{ рублей}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$\dot{O}_{\hat{E}} = \frac{\Delta \hat{E}}{\dot{Y}_{\hat{O}\hat{A}}} = \frac{\hat{E}i\delta - \hat{E}a}{\dot{Y}_{\hat{O}\hat{A}}} \quad (4.38)$$

$$T_{OK} = \frac{22858 - 6612}{2241950} = 0,007 \text{ года}$$

#### 4.9 Выводы по экономическому разделу

По сравнению с восстановлением по базовой технологии в проектной технологии произошло уменьшение трудоемкости на 46%, себестоимости технологической на 25%. Внедрение прогрессивных методов восстановления детали позволило получить повышение производительности труда на 85%. Эти достигнуто благодаря механизации процесса восстановления.

Кроме этого, применение проектной технологии приводит к тому, что наплавленный слой получается с повышенным сопротивлением износу. Это позволит увеличить срок службы в 1,5 раза.

Применение предлагаемых в проекте решений позволяет получение экономического эффекта в сфере производства и эксплуатации в размере 7,4 млн. рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена цель – повышение производительности и качества реновации вала центробежного химического насоса.

При анализе состояния вопроса была рассмотрена базовая технология восстановительной наплавки вала с применением ручной наплавки штучными электродами.

Недостатками базовой технологии являются:

- малая производительность наплавки;
- низкое качество наплавки;
- большие потери металла на угар, разбрызгивание и огарки;
- потери времени и качества из-за периодической смены электрода.

Для устранения этих недостатков был произведён обзор и анализ альтернативных способов наплавки:

- 1) Ручной дуговой наплавки покрытыми электродами;
- 2) Наплавки под флюсом;
- 3) Наплавки в среде защитных газов;
- 4) Наплавки порошковой проволокой;
- 5) Плазменной наплавки.

Для составления проектной технологии принято решение в качестве основного технологического процесса использовать плазменную наплавку.

В работе предложена схема модернизированной установки для осуществления плазменной наплавки, которая предусматривает наплавку с использованием модулированных импульсов тока и напряжения.

Внедрение результатов работы в производственный процесс позволит получить годовой экономический эффект более 7 млн. рублей.

На основании вышеизложенного поставленную цель можно считать достигнутой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маврутенков, А. А. Технология восстановления деталей из коррозионно-стойких сталей оборудования перерабатывающих предприятий АПК плазменной наплавкой : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.30 / Андрей Александрович Маврутенков : Российский гос. аграрный заочный ун-т. – Москва. – 2011.

2. Страхов, В. А. Разработка и исследование ресурсосберегающих технологий восстановления дорогостоящих деталей агрегатов теплоэнергетики : дис. ... канд. техн. наук : 050208 / Вячеслав Александрович Страхов : Ижевский гос. техн. ун-т. – Ижевск. – 2004.

3. Нуракова, А. С. Анализ экономической эффективности технологических вариантов восстановления изношенных деталей при ремонте машин / А. С. Нуракова // Вестник Евразийского Гуманитарного института. – 2005. – №3. – С. 56 – 61.

4. Ельцов, В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов.: учебное пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.

5. Молодык, Н. В. Восстановление деталей машин / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

6. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.

7. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1978. – 462 с.

8. Хасуй, А. Наплавка и напыление / А. Хасуй, О. Моригаки. – М. Машиностроение, 1985. – 239 с.

9. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография /

А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

10. Переpletчиков, Е. Ф. Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения / Е. Ф. Переpletчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 57–61.

11. Ильичев, М. В. Формирование структуры и свойств при плазменной наплавке износостойких покрытий на медь и высокоуглеродистую, марганцовистую стали : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.01 / Максим Валерьевич Ильичев : Центральный научно-исследовательский ин-т. Чёрной металлургии им. И. П. Бардина. – Москва. – 2007.

12. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640с.

13. Смирнов, И. В. Сварка специальных сталей и сплавов / И. В. Смирнов. – С.-Пб.: Из-во «Лань». – 2012. – 272 с.

14. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

17. Сидоров, А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.

18. Краснов, А. Н. Низкотемпературная плазма в металлургии / А. Н. Краснов, С. Ю. Шаривкер, В. Г. Зильберберг. – М.: Металлургия, 1970. – 215 с.

19. Вайнерман, А. Е. Плазменная наплавка металлов / А. Е. Вайнерман, М. Х. Шоршоров, В. Д. Веселков, В. С. Новосадов. – М.: Машиностроение, 1969 г. – 192 с.

20. Усов, Л. Н. Применение плазмы для получения высокотемпературных покрытий / Л. Н. Усов, А. И. Борисенко. - М.: Наука, 1965. – 84 с.

21. Патент РФ № 2211256 Способ нанесения покрытия / Д.И. Станчев, А.М. Кадырметов, А.В. Винокуров, В.Н. Бухтояров. – 2003.

22. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

23. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

34. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

25. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

26. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

27. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.

28. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.