

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология восстановления корпуса электродвигателя гидравлического насоса

| | | | |
|--------------|---|-------|------------------|
| Студент | <u>С.А. Бочкин</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Руководитель | <u>Г.М. Короткова</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Выбор способа восстановления конкретной детали должен доказывать целесообразность применения данного способа восстановления и основываться на анализе технических, экономических и организационных показателей альтернативных способов восстановления детали.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления элементов корпуса погружного электродвигателя гидравлического насоса из стали 20ХГСФЛ.

Основным дефектом изделия является износ посадочных поверхностей. Предварительный литературный обзор позволил выделить пять наиболее применимых к рассматриваемому изделию способов восстановления: 1) ручная дуговая наплавка штучными электродами; 2) наплавка порошковой проволокой; 3) наплавка в среде углекислого газа; 4) лазерная наплавка; 5) плазменная наплавка.

Дальнейшая работа по достижению поставленной цели велась путём решения следующих задач: 1) обоснование выбора способа восстановительной наплавки изделия; 2) составление проектной технологии восстановительной наплавки изделия; 4) оценка безопасности и экологичности технических решений; 5) оценка экономической эффективности технических решений.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 2,11 млн. рублей.

Пояснительная записка состоит из 63 страницы, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1 Анализ современного состояния восстановления корпуса электродвигателя насоса | |
| 1.1 Описание изделия и особенностей его эксплуатации | 7 |
| 1.2 Описание дефектов в изделии. | 10 |
| 1.3 Сведения о материале изделия. | 12 |
| 1.4 Недостатки базовой технологии ремонта. | 15 |
| 1.5 Анализ содержания источников научно-технической информации по вопросу восстановления деталей машин. | 16 |
| 1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы . . | 18 |
| 2 Проектная технология восстановления корпуса | |
| 2.1 Обоснование выбора способа восстановления. | 19 |
| 2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки. | 26 |
| 2.3 Планировка участка для наплавки деталей | 31 |
| 3 Безопасность и экологичность технического объекта | |
| 3.1 Технологическая характеристика объекта. | 33 |
| 3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса. | 35 |
| 3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков | 37 |
| 3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки | 38 |
| 3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений | 40 |
| 3.6 Заключение по разделу | 41 |
| 4 Оценка экономической эффективности выпускной | |

| | |
|---|----|
| квалификационной работы | |
| 4.1 Исходные данные для выполнения расчетов | 42 |
| 4.2 Расчёт фонда времени | 44 |
| 4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса. | 45 |
| 4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии. | 47 |
| 4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии. | 52 |
| 4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям . | 52 |
| 4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии. | 55 |
| 4.8 Заключение по экономическому разделу. | 56 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 58 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ. | 59 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент современное производство располагает десятками разных способов, которыми можно произвести ремонт и восстановление деталей машин [3].

Выбор способа восстановления конкретной детали должен доказывать целесообразность применения данного способа восстановления и основываться на анализе технических, экономических и организационных показателей альтернативных способов восстановления детали.

Существующая технология ремонта включает следующие операции: заварка трещин, восстановление посадочных поверхностей путем постановки дополнительной ремонтной детали. Данные способы восстановления деталей имеют ряд недостатков: при заварке трещин выше указанным методом в детали возникают значительные термические напряжения, такой процесс весьма трудоемок и требует большие энергозатраты, что в условиях высоких цен на энергоресурсы является большим недостатком; при постановке дополнительной ремонтной детали значительно уменьшается усталостная прочность детали. Таким образом существующие технологии восстановления имеют ряд серьезнейших недостатков, что и обуславливает необходимость проектирования более эффективной технологии восстановления.

Для восстановления деталей корпуса погружного электродвигателя из стали 20ХГСФЛ в настоящий момент используется стандартная технология ремонта с применением ручной дуговой сварки электродами марки УОНИ 13/55 или УОНИ 13/65. Также при сварке применяется дополнительный локальный нагрев дефектного участка. Как показала практика, эта технология обладает малой производительностью, осложняется наличием термической обработки, в процессе её реализации в сварном шве, и в околошовной зоне высокая вероятность образования трещины. По истечении непродолжительного времени после восстановления детали выходят из строя,

при этом происходит образование трещины вдоль зоны сплавления с основным металлом.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления элементов корпуса погружного электродвигателя гидравлического насоса из стали 20ХГСФЛ.

1 Анализ современного состояния восстановления корпуса электродвигателя насоса

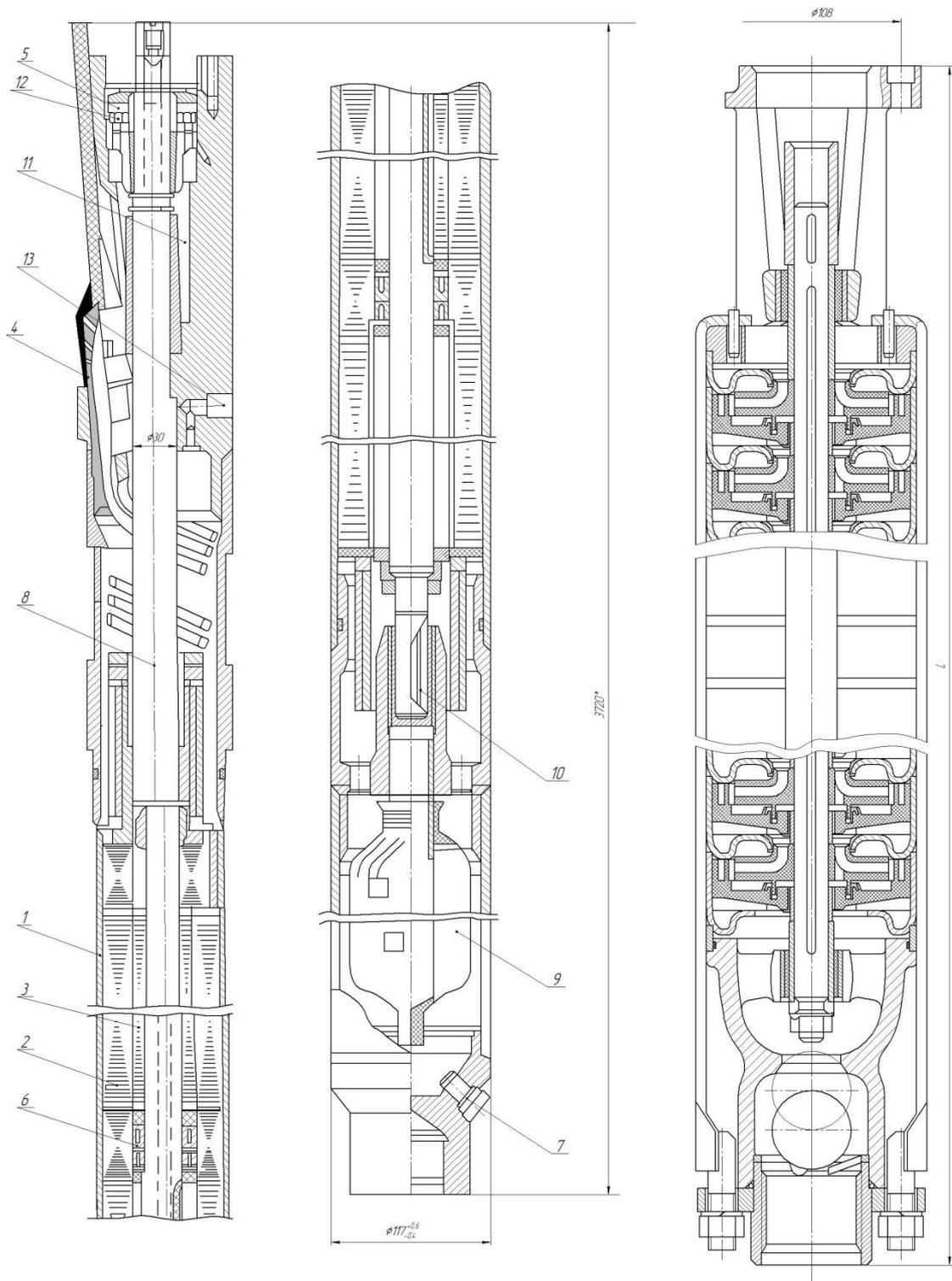
1.1 Описание изделия и особенностей его эксплуатации

Гидравлические насосы типа ЭЦВ относятся к вертикальным центробежным насосам. На рис.1.1 показан скважинный насос типа ЭЦВ. Этот насос – многоступенчатый, отличительной особенностью которого является агрегатирование его в единый блок с электродвигателем погружного типа, при этом весь агрегат (насос – электродвигатель) погружается под динамический уровень воды в скважине.

Гидравлический насос типа ЭЦВ состоит из двух основных частей: насосной части и электродвигателя. Энергия к электродвигателю подводится по специальному кабелю. Насосы типа ЭЦВ объединены в единую серию. Они предназначены для подачи чистой воды из скважин с температурой до 25 °С. в соответствии с ГОСТ 10428-71 подача их составляет 0,63...1000 м³/ч при напоре 12...680 м. Гидравлические погружные насосы работают в условиях гидроабразивного изнашивания. Весь насос находится в водной среде поэтому к ним предъявляются жесткие требования по коррозионной стойкости. Особое внимание уделяется электроизоляции токопроводящих частей деталей.

Наиболее распространенными являются следующие неисправности: агрегат не дает требуемой подачи; агрегат работает, но вода не подается; агрегат потребляет повышенную мощность. Причинами того, что агрегат не дает требуемой подачи являются: большое сопротивление всасывающей части насоса(забита сетка), вращение в обратную сторону, изношены рабочие колеса и направляющие. Причина того, что агрегат работает, но вода не подается является то, что насос находится выше статического уровня воды в скважине. Основной причиной падения мощности является увеличенный

зазор между статором и ротором в следствии гидроразрывного изнашивания.



1 – корпус, 2 – статор, 3 – ротор, 4 – муфта, 5 – пята, 6 – подшипник, 7 – сливной кран, 8 – вал, 9 – масляной фильтр, 10 – отверстие для циркуляции масла, 11 – отстойник, 12 - кабель

Рисунок 1.1 – Гидравлический погружной насос

Причины того, что агрегат потребляет повышенную мощность: неправильная сборка насоса, вызывающая заедание боковых поверхностей колеса о лапачные отводы, неправильная сборка насоса с электродвигателем.

Погружные насосы содержат ряд резьбовых, прессовых и штифтовых соединений, что обуславливает снижение их ремонтной технологичности.

Рассматриваемая для восстановления деталь корпуса – корпус подшипника (рис. 1.2). Данная деталь состоит из собственно верхнего корпуса подшипника, втулки, подшипника. Так как эта деталь является базовой, то от качества ее восстановления зависит работоспособность насоса в целом. Верхний корпус подшипника изготовлен из стали 20ХГСФЛ, а подшипник – сталь 20 + резина.

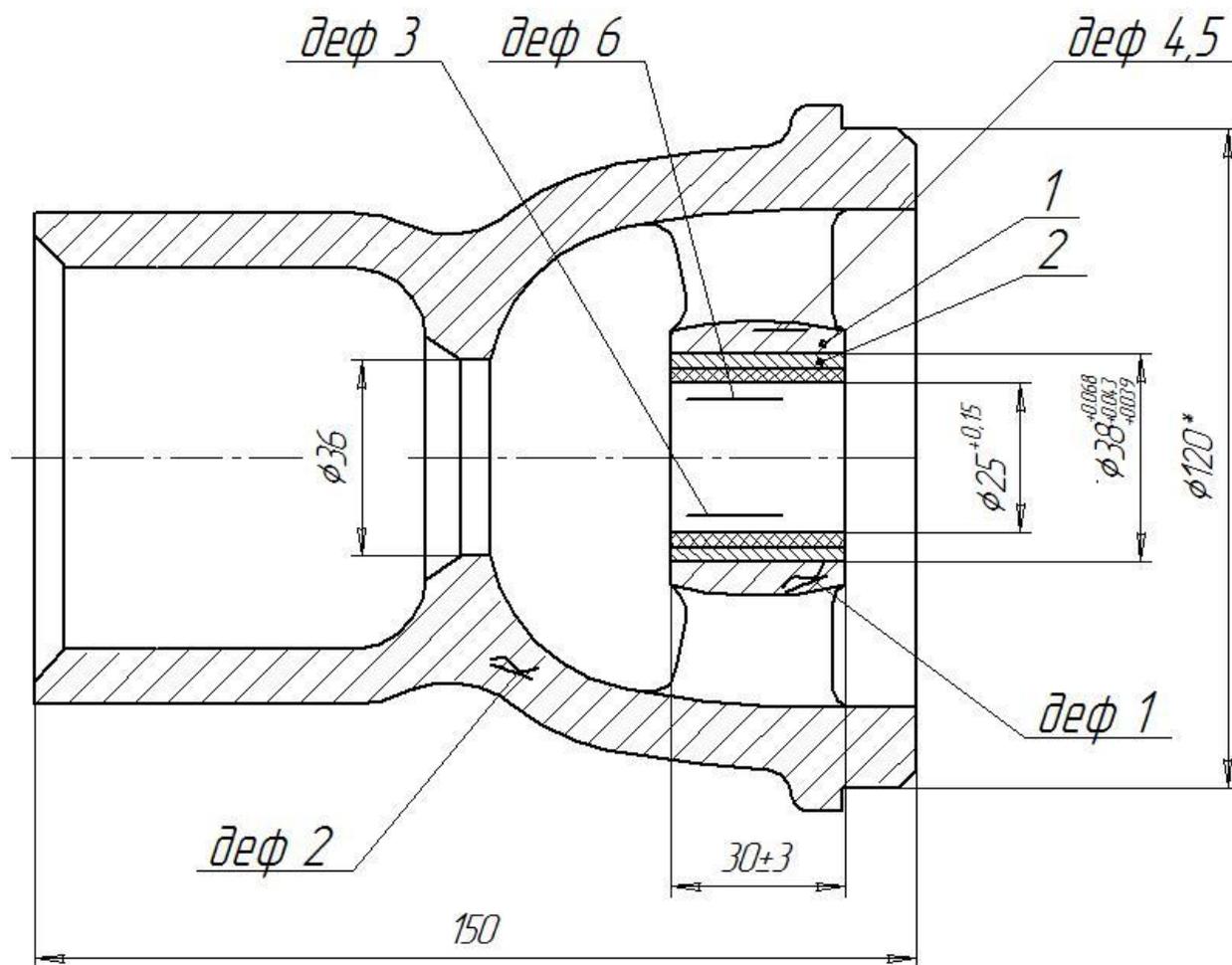


Рисунок 1.2 – Дефекты корпуса подшипника

Ресурс восстановленной детали должен составлять не менее 80% ресурса новой детали.

Данная деталь является корпусной, поэтому основными конструктивными элементами являются внутренние цилиндрические поверхности, обуславливающие точность взаимного расположения остальных деталей насосной части насоса. Кроме этого деталь содержит конусные поверхности, одна из которых является посадочным гнездом шарика клапана, а также наружную цилиндрическую поверхность сопряжения с кольцом.

1.2 Описание дефектов в изделии

При дефектации сравнивают фактические размеры деталей или их дефекты с допустимыми величинами и делают заключение о годности детали.

Техническое состояние деталей оценивают по техническим условиям на ремонт. В них приведены основные размеры: номинальный и ремонтный, а также нормальные, допустимые и предельные величины натягов и зазоров, контролируемые дефекты:

- 1) трещины, обломы, выходящие на посадочную поверхность и плоскости разъема;
- 2) трещины, не выходящие на посадочную поверхность и плоскости разъема;
- 3) трещины, вырывы, расслоения резины подшипника;
- 4) износ посадочной поверхности отверстия;
- 5) износ посадочной поверхности втулки;
- 6) износ рабочей поверхности подшипника.

Из вышеперечисленных дефектов выбраковочными признаками являются трещины, обломы, выходящие на посадочную поверхность и плоскости разъема, а также износ посадочной поверхности отверстия. Деталь выбраковывается также в случае, если дефект 2 повторился; так как в этом

случае повторная заделка трещины неизбежно приведет к нарушению точности расположения вала, что в свою очередь может вызвать поломку рабочих колес. При обнаружении выбраковочных показателей дальнейший технический осмотр детали прекращают, и деталь признают негодной. Годные детали должны обладать ресурсами дальнейшей работы без замены.

Видимые дефекты обнаруживаются визуально.

Для обнаружения невидимых трещин используют физические методы контроля: метод магнитной дефектации, капиллярный метод, ультразвуковой метод.

Для определения геометрических размеров наиболее рационально применение универсального измерительного инструмента.

Так как корпус верхнего подшипника изготовлен из ферромагнитного материала то для обнаружения дефекта 1 и 2 используем метод магнитной дефектации. Дефект 3 определяется в основном визуально. Дефекты 4, 5, 6 будем определять с помощью измерительного инструмента.

Для выявления дефектов корпус верхнего подшипника воспользуемся тремя методами: внешний осмотр, метод магнитной дефектации и метод измерения размеров с помощью штангенциркуля и индикаторного нутромера.

Измерительное оборудование и инструмент предназначены для измерения линейных и угловых величин. Их подразделяют на меры, калибры и универсальные измерительные средства.

Обнаружение скрытых дефектов, проверку твёрдости и контроль взаимного положения элементов деталей проводят с применением специально предназначенных для этого приборов и приспособлений: дефектоскопов, магнитных, ультразвуковых, люминесцентных приборов, твердомеров.

В зависимости от оптимальности выбора измерительного инструмента, который будет применён при дефектации, будет изменяться качество и эффективность самой дефектации. Определение дефектов, которые указаны

выше, происходит с применением следующих инструментов: штангенциркуля ШЦ-II-250-0,05; нутромера индикаторного НИ-50М; дефектоскопа для магнитного контроля ПМД-70.

1.3 Сведения о материале изделия

Изготовление рассматриваемой детали – корпуса подшипника – осуществляют из стали 20ХГСФЛ. Эта низколегированная литейная сталь, имеющая феррито-перлитный класс, которая нашла широкое применение при изготовлении корпусов машин и агрегатов (насосы, компрессоры, гидравлические коробки и пр.), которые используются в нефтегазовой отрасли.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 20ХГСФЛ

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | V |
|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|-------------|
| 0,14...0,21 | 0,5...0,8 | 0,9...1,3 | до 0,4 | до 0,03 | до 0,035 | 0,3...0,6 | 0,07...0,13 |

Применение этой стали при производстве оборудования, работающего при одновременном воздействии высокого давления, коррозионного и эрозионного воздействия, при значительном перепаде температур, механических нагрузках.

При анализе работоспособности оборудования, которое было подвергнуто ремонту, было высказано предположение, преждевременное разрушение конструкций из стали 20ХГСФЛ после ремонта происходит по причине высокого уровня в металле сварного соединения остаточных сварочных напряжений, фазовых изменений и низкой эффективности технологии в вопросе снятия напряжений. При предварительном подогреве перед сваркой происходит рост участка перегрева в околошовной зоне, что в свою очередь сопровождается охрупчиванием металла, становится причиной хрупкого разрушения в зоне термического влияния [7, 8]

Поскольку свариваемый металл имеет значительную толщину, в зоне термического влияния следует ожидать формирования достаточно объемной прослойки металла, склонного к росту зерна вследствие перегрева при температуре нагрева выше 900 °С.

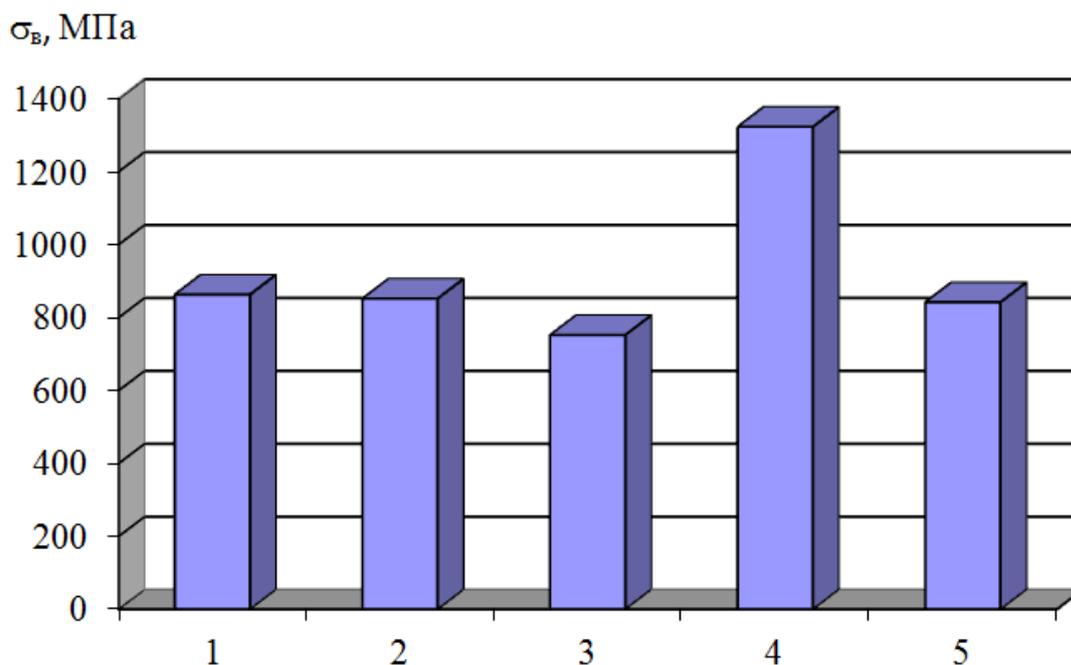
Как показывает практика, возникновение наибольшей концентрации напряжений и деформаций следует ожидать в зоне сварного шва и зоне сплавления. С учётом изменения свойств металла в зоне термического влияния, возможно искажение формы конструкции из-за остаточных сварочных напряжений при малой жесткости самой конструкции, что в свою очередь будет являться причиной преждевременного её разрушения в процессе эксплуатации. Остаточные напряжения негативно сказываются на коррозионной стойкости сварных соединений.

Производили экспериментальную сварку электродами марки УОНИ 13/55, применяя следующие методы обработки:

- 1) сварку без обработки;
- 2) предварительный подогрев до 250 °С;
- 3) ультразвуковая обработка в процессе и после сварки с частотой воздействия 25...27 кГц;
- 4) сопутствующее охлаждение;
- 5) вибрационная обработка 50 Гц.

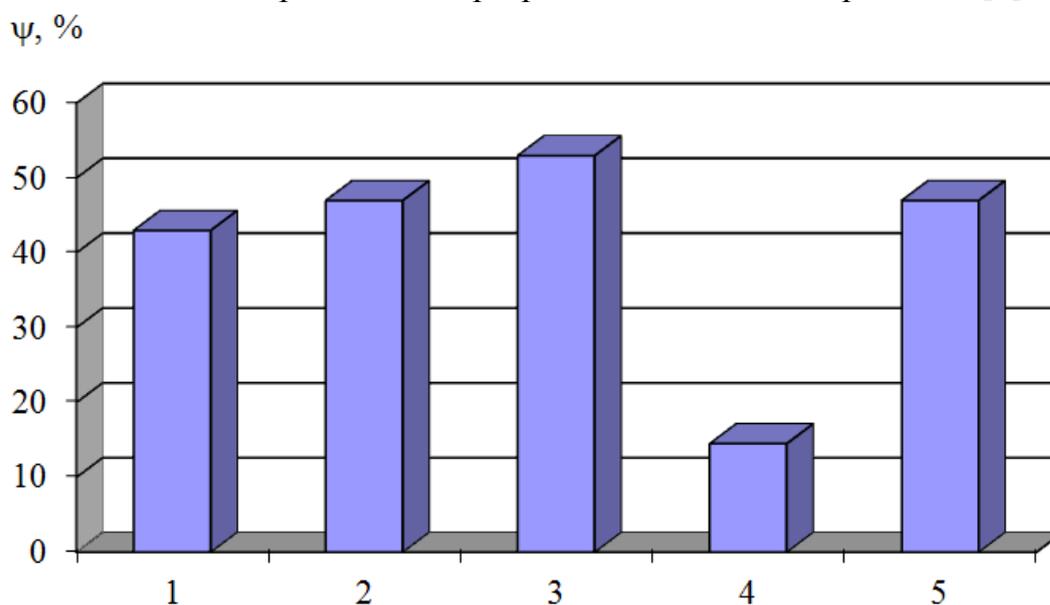
Ручную дуговую сварку вели электродами диаметром 3 мм, силу сварочного тока устанавливали в пределах 70...90 А. В качестве образцов использовали вырезаемые из корпуса насоса пластины. Длина пластины составляла 110 мм, ширина пластины составляла 65 мм, толщина пластины составляла 4,4 мм.

Для испытания на растяжение использовалась испытательная машина ИР 5113-100. Для каждого режима обработки было изготовлено по 3 образца согласно ГОСТ 6996. Механические характеристики определялись в зоне сварного шва образцов. На образцах выполняли шейки, которые обеспечивали разрушение металла именно по зоне сварного шва. По результатам испытаний на статическое растяжение построены диаграммы (рис. 1.3 и 1.4).



1 – сварка без обработки; 2 – предварительный подогрев до 250 °С;
 3 – ультразвуковая обработка в процессе и после сварки с частотой воздействия 25...27 кГц; 4 – сопутствующее охлаждение; 5 – вибрационная обработка 50 Гц

Рисунок 1.3 – Предел прочности (временное сопротивление разрушению) сварного шва при различных видах обработки [8]



1 – сварка без обработки; 2 – предварительный подогрев до 250 °С;
 3 – ультразвуковая обработка в процессе и после сварки с частотой воздействия 25...27 кГц; 4 – сопутствующее охлаждение; 5 – вибрационная обработка 50 Гц

Рисунок 1.4 – Относительное сужение образцов при статическом растяжении при различных видах обработки [8]

1.4 Недостатки базовой технологии ремонта

Для восстановления деталей корпуса из стали 20ХГСФЛ в настоящий момент используется стандартная технология ремонта с применением ручной дуговой сварки электродами марки УОНИ 13/55 или УОНИ 13/65. Также при сварке применяется дополнительный локальный нагрев дефектного участка. Как показала практика, эта технология обладает малой производительностью, осложняется наличием термической обработки, в процессе её реализации в сварном шве, и в околошовной зоне высокая вероятность образования трещины. По истечении непродолжительного времени после восстановления детали выходят из строя, при этом происходит образование трещины вдоль зоны сплавления с основным металлом (рис. 1.5).

Восстановленные детали с наплавленными посадочными местами работают приблизительно 300...400 часов. Часто, после сварки оборудование перестаёт соответствовать заявленным техническим характеристикам.



Рисунок 1.5 - Трещина в месте ремонтной сварки

1.5 Анализ содержания источников научно-технической информации по вопросу восстановления деталей машин

Был произведён поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановления деталей машин. Поиск источников научно-технической информации будем вести в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «восстановление», «наплавка», «журнал Автоматическая сварка», «журнал Сварочное производство», «диссертация», «научная статья».

В первой работе [17] проведено исследование влияния различных способов дуговой наплавки на величину проплавления основного металла, геометрию наплавленного валика и качество наплавки. При проведении эксперимента было использовано девять партий порошковой проволоки с диаметрами 1,8; 2,4 и 2,8 мм. Наплавка осуществлялась в широком диапазоне режимов: $I_n = 150...450$ А; $U_n = 20...34$ В, при скорости наплавки 20 м/ч. Показано, что напряжение дуги оказывает наиболее сильно влияние на формирование наплавленных валиков. Значения напряжений на дуге, обеспечивающие хорошее формирование наплавленного валика и отсутствие пор, могут существенно отличаться при различных способах наплавки проволоками одного диаметра. Полученные результаты могут быть применены для выбора способа наплавки, назначения параметров режима наплавки, прогнозирования качества наплавочных работ. Полученные результаты также будут использованы для наполнения баз данных для компьютерного программирования роботизированной дуговой наплавки.

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления, который будет использован при составлении проектной технологии восстановления деталей.

Во второй работе [18] поставлена цель - исследование влияния количества экзотермической смеси и толщины покрытия электродов на

производительность расплавления. Доказана эффективность при восстановлении деталей с использованием ручной дуговой наплавки штучными электродами. Экспериментально установлено, что введение в покрытие электродов экзотермической смеси до 53,4 % увеличивает коэффициенты наплавки, расплавления стержня, выхода наплавленного и годного металла, скорости плавления электродов.

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления, который будет использован при составлении проектной технологии восстановления деталей.

В **третьей** работе [19] проведено исследование зависимости формирования наплаваемого валика и качества наплавки, износостойкости наплавленного металла и потерь на разбрызгивание от параметров импульсной подачи электродной проволоки. Проведено сравнение результатов, которые были получены при сварке с постоянной скоростью подачи проволоки и при сварке с импульсной подачей проволоки. Установлено, что путём изменения скорости подачи электродной проволоки можно эффективно управлять формированием наплавленного валика, повышая износостойкость и снижая потери электродного металла.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса и при составлении проектной технологии, если будет принято решение использовать наплавку в защитных газах.

В **четвёртой** работе [20] предложен состав присадочного порошка на основе железа и технология плазменной наплавки деталей машин на примере штоков (шпинделей) арматуры. При наплавке с использованием предложенного порошка получают необходимые эксплуатационные свойства, при этом стоимость наплавки существенно ниже по сравнению с применяемыми никелевыми сплавами. Плазменно-порошковая наплавка вместо ручной дуговой наплавки и наплавки порошковой проволокой позволяет существенно повысить качество наплавленного металла,

уменьшить припуск на механическую обработку, а также повысить экономическую эффективность восстановительных работ.

Результаты этой работы будут использованы в выпускной квалификационной работе при выборе наплавочного материала, если будет принято решение использовать плазменную наплавку.

В **пятой** работе [21] исследованы свойства покрытий, полученных лазерной наплавкой, характеристики свойств покрытий сопоставлены с характеристиками покрытий, которые были получены при использовании традиционных методов наплавки. Доказана высокая эффективность лазерной наплавки при восстановлении деталей машин.

Результаты этой работы будут применены в дипломном проекте при анализе возможных способов восстановительной наплавки изделия и, возможно, при составлении проектной технологии наплавки.

1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления элементов корпуса погружного электродвигателя гидравлического насоса из стали 20ХГСФЛ.

Основным дефектом изделия является износ посадочных поверхностей. Предварительный литературный обзор позволил выделить пять наиболее применимых к рассматриваемому изделию способов восстановления:

- 1) ручная дуговая наплавка штучными электродами;
- 2) наплавка порошковой проволокой;
- 3) наплавка в среде углекислого газа;
- 4) лазерная наплавка;
- 5) плазменная наплавка.

Дальнейшая работа по достижению поставленной цели должна вестись путём решения следующих задач:

- 1) обоснование выбора способа восстановительной наплавки изделия;
- 2) составление проектной технологии восстановительной наплавки изделия;

- 4) оценка безопасности и экологичности технических решений;
- 5) оценка экономической эффективности технических решений.

2 Проектная технология восстановления корпуса

2.1 Обоснование выбора способа восстановления

2.1.1 Ручная дуговая наплавка штучными электродами

Как известно, требования к составу и свойствам наплавленного металла определяются условиями эксплуатации изделия, их выбор является сложной задачей, что объясняется различным протеканием износа в зависимости от условий работы.

Наплавленный материал выбирается с учетом ведущего вида износа при эксплуатации, которому уделяется основное внимание.



Рисунок 2.1 – Процесс дуговой наплавки штучными электродами

Электроды для наплавки выбираются в зависимости от технологии наплавки и условий работы наплавленного металла. Свойства наплавленного металла зависят от предварительного подогрева, методов наплавки, погонной энергии, условий охлаждения, массы и химического состава, термической обработки. Поэтому при наплавке одними и теми же электродами, можно

получить металл, обладающий различными свойствами. Необходимые свойства обеспечиваются соответствующей системой легирования.

Восстановление деталей с применением ручной дуговой наплавки предусматривает использование обычных источников питания сварочной дуги. При задании параметров режима наплавки необходимо учитывать, что избыточная сила сварочного тока приводит к снижению качества наплавки. В числе недостатков способа следует указать низкую производительность, высокие потери электродного металла на угар, разбрызгивание и огарки. Ручную дуговую наплавку следует выполнять преимущественно на плоских поверхностях, изделие следует располагать в нижнем положении. Толщина наплавляемого слоя составляет от 3 до 10 мм.

К недостаткам, которыми обладает наплавка штучными электродами, можно отнести малую производительность плавления, которая обусловлена низкой плотностью тока на электроде, потерю части электродного материала на огарки, а также существенную зависимость качества сварных соединений от квалификации и кондиции сварщика. Тем не менее, следует отметить широкие границы для регулирования сварочных свойств за счёт возможности существенного изменения состава покрытия электродов. Это приводит к тому, что и в настоящее время сохраняется высокая конкурентоспособность ручной дуговой наплавки штучными электродами по сравнению с механизированными способами сварки.

2.1.2 Наплавка порошковой проволокой

Порошковая проволока является одним из наиболее универсальных электродных материалов для механизированной и автоматизированной дуговой наплавки [1, 4, 5, 6]. К основным преимуществам порошковой проволоки, по сравнению с другими электродными материалами, можно отнести достаточно простую адаптацию ее химического состава к составу и свойствам наплавляемых деталей, высокую стабильность горения дуги,

относительно небольшое разбрызгивание электродного металла и хорошее формирование наплавленных валиков.

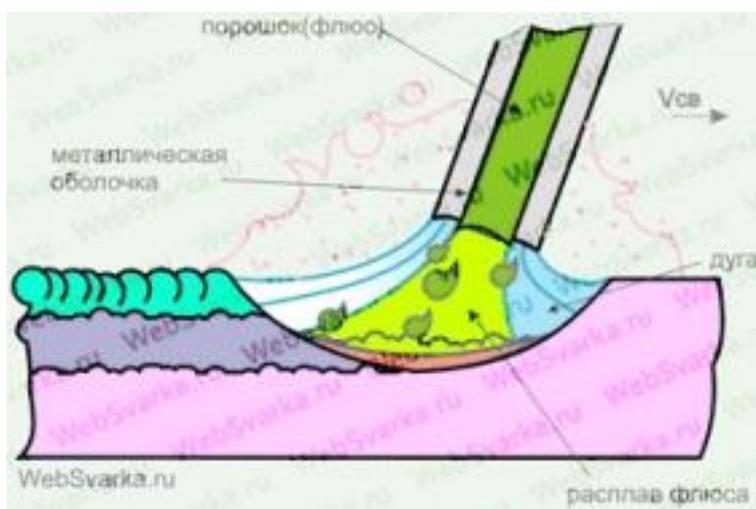


Рисунок 2.2 – Процесс наплавки порошковой проволокой

При наплавке самозащитными порошковыми проволоками обеспечение газовой защиты происходит путём введения в состав шихты сердечника проволоки карбонатов (мрамора, магнезит, кальцинированная сода) или органических компонентов. Большинство сердечников порошковых проволок в числе обязательных компонентов содержат плавиковый шпат, который повышает жидкотекучесть шлака и улучшает рафинирование наплавляемого металла. Самозащитные порошковые проволоки могут сильно отличаться по содержанию других шлакообразующих компонентов [6, 9, 10, 11].

2.1.3 Наплавка в среде углекислого газа

Большое распространение при восстановлении изношенных деталей получила механизированная наплавка в углекислом газе плавящимся электродом сплошного сечения. Эта наплавка ведётся на постоянном токе обратной полярности. Вследствие того, что углекислый газ окисляет металл сварочной ванны, требуется вводить в наплавочную проволоку раскислители (марганец, кремний и др.). Подбор типа и марки электродной проволоки

следует выполнять исходя из материала подлежащей ремонту детали и требуемых свойств наплавленного металла.

Из всех способов автоматической дуговой наплавки, способ наплавки в CO_2 наиболее технологичен и универсален, позволяет выполнять наплавку во всех пространственных положениях большинством материалов, применяемых в процессах наплавки: малоуглеродистыми, низко- и среднелегированными, а также некоторыми нержавеющей стали [12, 13].

Защитная среда – углекислый газ, является легкодоступным и сравнительно недорогим средством защиты области дуги. Однако использование данного способа наплавки в ряде случаев ограничивает недостаточная эффективность технологического управления геометрическими параметрами валика наплавленного металла, большая глубина проплавления основного металла, низкая стабильность процесса, высокие потери электродного металла на разбрызгивание. Повышенным вниманием в последнее время также пользуются вопросы энергосбережения и улучшения экологичности процесса наплавки в CO_2 .



Рисунок 2.3 – Установка для дуговой наплавки в углекислом газе

Подачу электродной проволоки регулируют таким образом, чтобы при наплавке не было коротких замыканий или обрывов дуги. Скорость наплавки зависит от толщины наплавляемого металла качества формируемого слоя. Наплавку ведут с наложением валиков с шагом 2,5...3,5 мм. Перекрытие соседних валиков должно быть не менее чем на треть от ширины одного валика.

В числе преимуществ наплавки в среде защитного газа следует выделить: 1) возможность получения высокого качества наплавленного слоя для широкого спектра сочетаний металлов и толщин; 2) возможность получения наплавленного слоя высокой прочности; 3) однородный химический состав наплавленного слоя и основного металла восстанавливаемой детали; 4) инвариантность пространственных положений; 5) возможность осуществления наблюдения за процессом наплавки; 6) отсутствие необходимости применения флюса и удаления шлаковых отложений; 7) высокая производительность и простота механизации способа наплавки.

В качестве недостатка способа следует отметить сильное разбрызгивание электродного металла, которое приводит к налипанию брызг расплавленного металла на мундштук и засоряет сопло горелки.

2.1.4 Лазерная наплавка

Лазерная наплавка, как способ нанесения покрытий, появилась в конце 1970-х – начале 1980-х годов. В случае наплавки за счет подачи наплавочного материала (преимущественно в виде порошка, реже в виде проволоки) в зону действия сфокусированного в пятно диаметром 1,0...5,0 мм лазерного излучения на обрабатываемой поверхности создается покрытие определенной высоты с заданными физико-химическими характеристиками (рис. 2.4) [22]. Возможны также варианты лазерной наплавки по предварительно нанесенным на подложку слоям наплавляемого материала. Эти слои наносят газотермическим напылением или обмазкой,

состоящей из наплавочного порошка со связующим, а затем переплавляют лазерным излучением. Наплавку с предварительным напылением слоев обычно называют лазерным переплавом. Получаемое покрытие связано с материалом основы переходной зоной сравнительно малых (обычно от 5...10 мкм до 50...200 мкм) размеров.

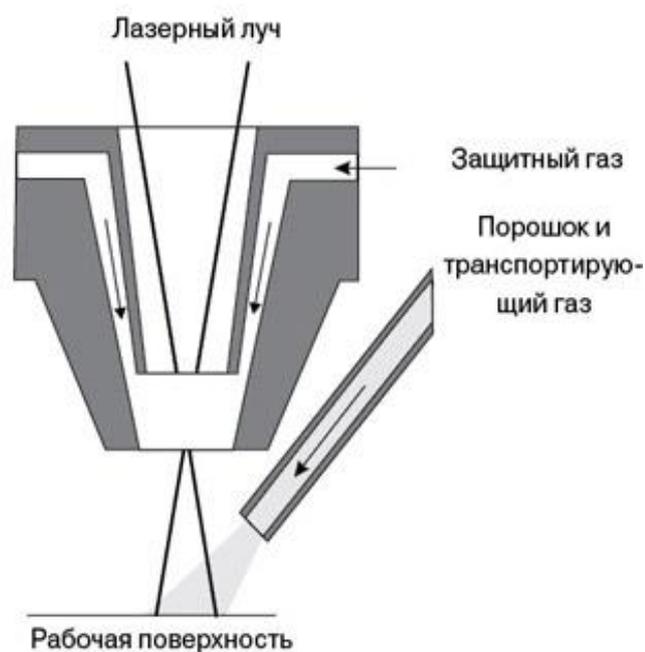


Рисунок 2.4 – Схема лазерной наплавки с боковой подачей порошка

К преимуществам лазерной наплавки относятся [22]: возможность нанесения слоев с заданными свойствами высотой 0,1...3,0 мм; значительное ослабление эффекта перераспределения компонентов из материала основы в наплавленный слой, способствующее повышению точности прогнозирования результатов и максимальному приближению свойств наплавленного слоя к исходным свойствам наплавляемого материала; получение равноосных мелкокристаллических (высокодисперсных) структур наплавленного металла и малой (до 0,1...0,5 мм) зоны термического влияния; минимизация припуска под финишную механообработку до величин порядка 0,3...0,5 мм на сторону за счет малой шероховатости (до Ra 200...300 мкм) наплавленных поверхностей. Кроме перечисленных, к преимуществам лазерной наплавки можно отнести и преимущества термообработки и легирования, связанные с особенностями лазерного излучения как теплового источника.

Недостатками лазерной наплавки являются: вероятность появления поперечных холодных микротрещин в наплавленных слоях, которые возникают из-за релаксации высоких внутренних напряжений растяжения [23]; высокая вероятность появления внутренних и наружных пор, что объясняется наличием неметаллических включений в наплавочном порошке и его остаточной влажностью; высокая стоимость процесса лазерной наплавки, что объясняется высокой себестоимостью лазерного оборудования.

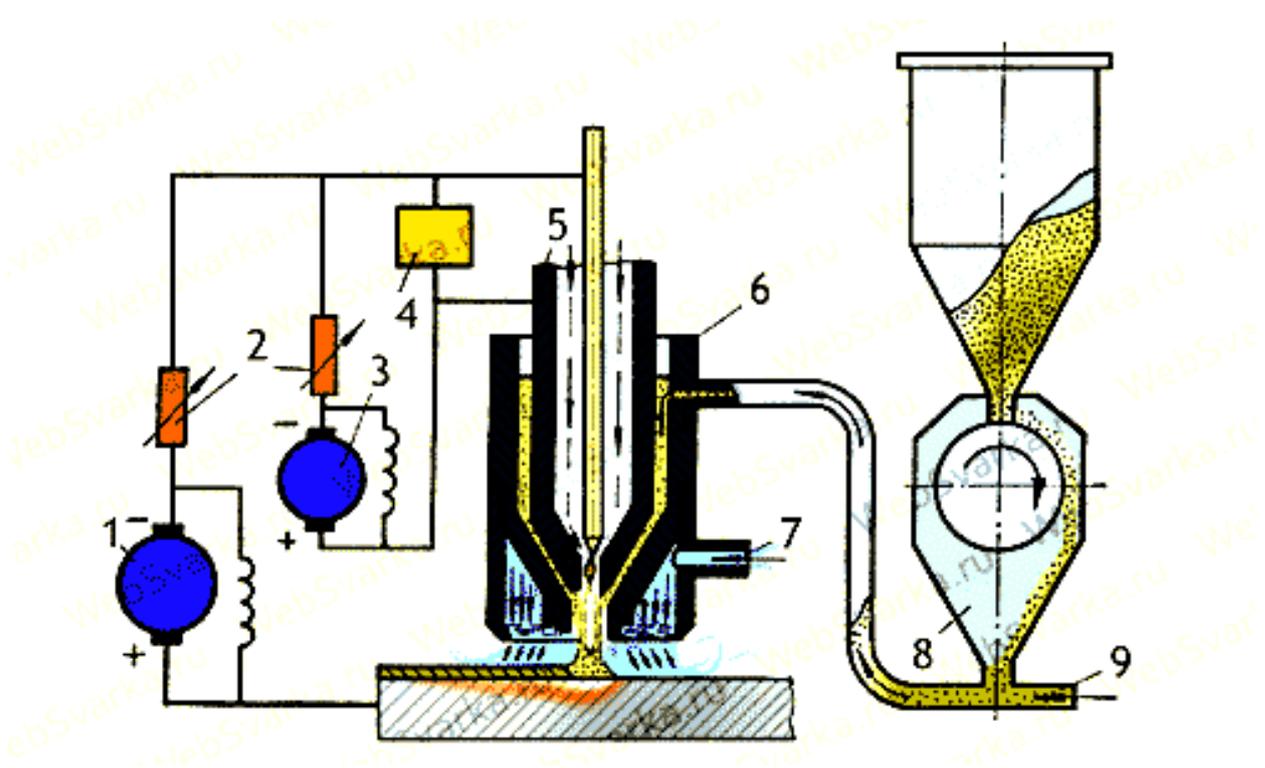
2.1.5 Плазменная наплавка

Опыт применения механизированной плазменной наплавки в производстве позволяет утверждать, что этот способ восстановления деталей машин обладает значительными техническими и экономическими преимуществами по сравнению с другими способами. Помимо высокой производительности, меньшего расхода дорогостоящих и дефицитных наплавочных материалов, улучшения условий труда, плазменная наплавка обеспечивает стабильно высокое качество восстановления деталей.

Плазменную наплавку деталей <https://tlttsu.antiplagiat.ru/report/full/1258> ведут с использованием сплавов на основе никеля и кобальта. Эти сплавы обладают высокими технологическими <https://tlttsu.antiplagiat.ru/report/full/1258> и эксплуатационными характеристиками, но отличаются высокой стоимостью. В настоящее время для восстановительной наплавки деталей машин предложены сплавы на основе железа, которые существенно дешевле. Электродуговую наплавку деталей выполняют, как правило, в три слоя, что ведет к перерасходу наплавочных материалов и увеличению продолжительности процесса наплавки.

Плазменно-порошковая наплавка является перспективным направлением при восстановлении деталей машин. Однако в настоящее время промышленность не выпускает установки для плазменно-порошковой наплавки, а существующие установки импортного производства имеют крайне высокую стоимость [14]. Кроме того, зарубежные и выпускавшиеся

ранее отечественные установки функционируют на постоянном токе одной полярности (в европейских странах применяется в основном наплавка на прямой полярности, а в Японии – на обратной [15, 16]). Менее распространены в промышленности плазменные установки переменного тока.



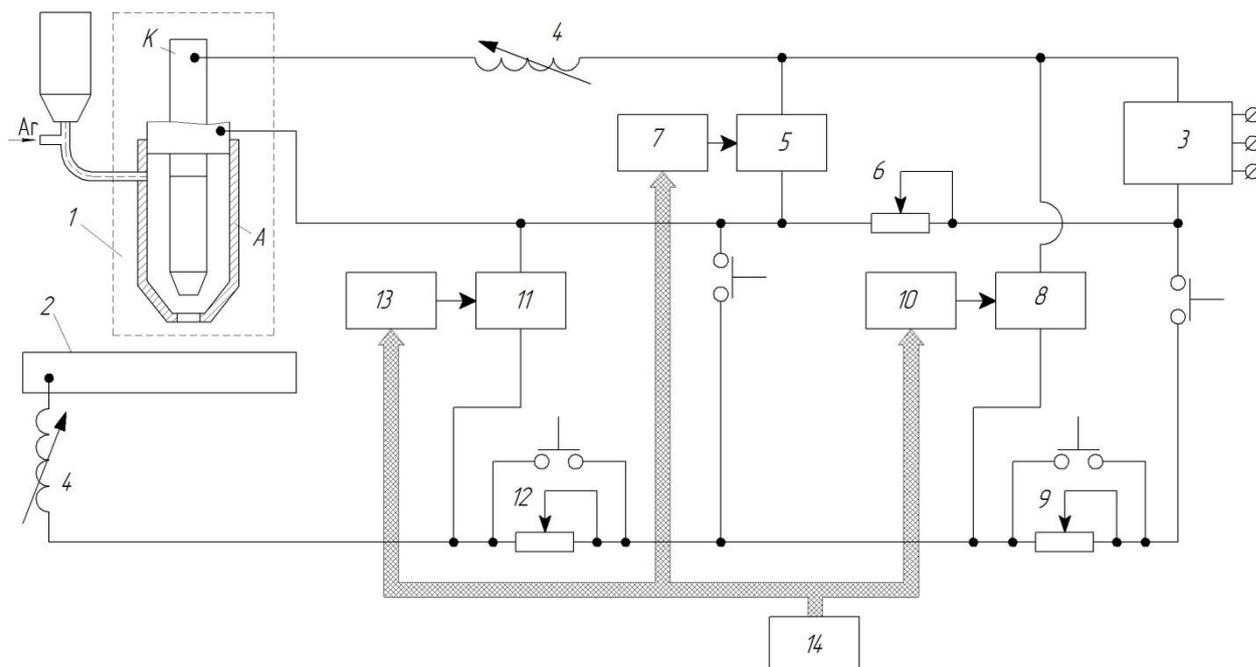
1 - источник питания дуги прямого действия; 2 - балластные сопротивления; 3 - источник питания дуги косвенного действия; 4 - осциллятор 5 - сопло для плазмообразующего газа; 6 - корпус горелки; 7 - отверстие для ввода защитного газа; 8 - питатель для подачи порошка; 9 - трубка, по которой подается газ, несущий порошок

Рисунок 2.5 – Схема установки для плазменной наплавки металлическим порошком

2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки

Для выполнения плазменной наплавки изделия предложено использовать модернизированную установку (рис. 2.2), состоящую из плазмотрона 1, предусматривающую размещение восстанавливаемой

детали 2. Питание плазматрона обеспечивается источником 3 постоянного тока дросселем 4. Контур дуги косвенного действия включает в себя: модулятор 5, балластное сопротивление 6 и блок управления 7. Контур дуги прямого действия включает в себя модулятор 8, балластное сопротивление 9 и блоком управления 10, модулятор 11, балластное сопротивление 12 и блок управления 13. Согласованная работа элементов схемы управления обеспечивается блоком согласования 14.



1 - плазматрон, 2 - обрабатываемая деталь, 3 - источник постоянного тока, 4 - дроссель, 5 - модулятор косвенной дуги, 6 - балластное сопротивление, 7 - блок управления, (контур дуги косвенного действия), 8 - модулятор дуги прямого действия, 9 - балластное сопротивление, 10 - блок управления, (контур дуги прямого действия между катодом "К" и деталью), 11 - модулятор, 12 - балластное сопротивление, 13 - блок управления, (контур дуги прямого действия между анодом "А" и деталью), 14 - блок согласования работы модуляторов.

Рисунок 2.6 – Схема модернизированной установки для плазменной наплавки

Термоактивацию поверхности детали 2 осуществляют дугой прямого действия, которая горит между катодом "К" плазмотрона 1 и деталью 2. В контур дуги прямого действия входят: источник питания 3, балластный реостат 9, дроссель 4, модулятор 8 с блоком управления 10. Далее при помощи модулятора 8 проводят модулирование тока дуги прямого действия. Посредством блока управления 10 и положением балластного реостата 9 задаются силу среднего тока дуги 15...20 А, величину среднего напряжения 130...160 В, амплитуду мощности импульсов 50...100 кВт, частоту модуляции разрядного тока 900...1600 Гц, длительность импульса 300...500 мкс.

После этого осуществляют подачу в плазмотрон 1 плазмообразующего газа и зажигание дуги косвенного действия. Дуга косвенного действия горит между катодом "К" и анодом "А". В контур дуги косвенного действия состоит из источника питания 3, балластного реостата 6, модулятора 5 и блока управления 7. Подачу плазменного порошка начинают в образовавшуюся плазменную струю. В ходе наплавки модулирование тока косвенной дуги производят модулятором 5. При помощи блока управления 7 и положения балластного реостата 6 задают силу среднего тока 160...170 А, величину среднего напряжения – 180...220 В, амплитуду мощности импульсов 10...50 кВт, частоту модуляции разрядного тока – 4000...5000 Гц, длительность импульсов 50...60 мкс.

Оплавление получаемого покрытия происходит при включении дуги прямого действия, которая горит между анодом "А" плазмотрона 1 и деталью 2. В контур дуги прямого действия входит балластный реостат 12, дроссель 4 и модулятор 11 с блоком управления 13. При помощи модулятора 11 осуществляют модуляцию тока дуги прямого действия. Блоком управления 13 и величиной балластного сопротивления 12 задают силу среднего тока 8...15 А, величину среднего напряжения 110...150 В,

амплитуду мощности импульсов 100...250 кВт, частоту модуляции разрядного тока 300...400 Гц, длительность импульса 1400...1600 мкс.

Дуга прямого действия, горящая между катодом и деталью, обеспечивает предварительный подогрев детали. Дуга прямого действия между анодом и деталью обеспечивает управление вложением энергии в зону наплавки. В результате происходит повышение прочности сцепления наплавляемого слоя с основным металлом. Модуляция тока косвенной дуги и дуг прямого действия позволяет стабилизировать процесс наплавки и повысить гибкость управления процессом наплавки, снизить энергозатраты.

Подготовку поверхности перед наплавкой осуществляли пескоструйной установкой (рис. 2.8).

Материалами для износостойкой и коррозионностойкой наплавки могут служить сплавы марки ПГ-СР4+3%А1 и ПГ-ФБХ6-2+3%А1, имеющие грануляцию 40...60 мкм (табл. 2.1).

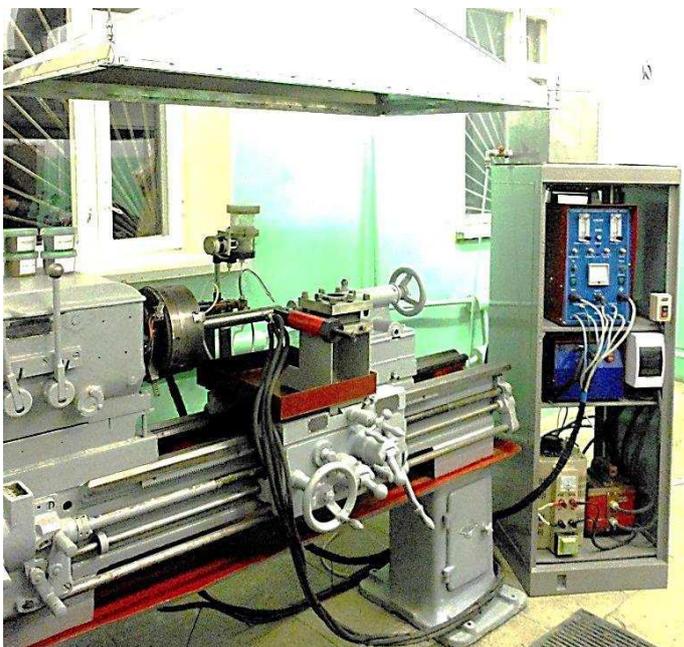


Рисунок 2.7 – Внешний вид оборудования для плазменной наплавки деталей вращения

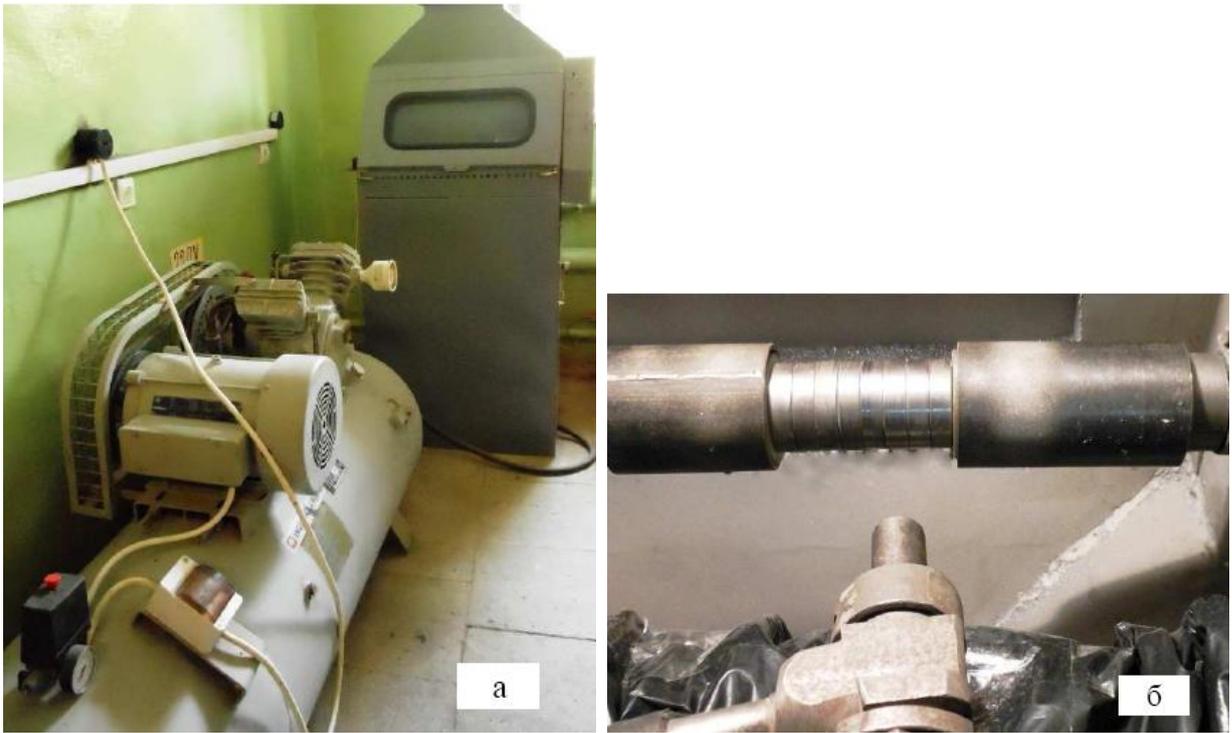


Рисунок 2.8 – Оборудование для пескоструйной обработки деталей вращения: компрессор с пескоструйной камерой (а); обрабатываемая деталь с соплом пескоструйного аппарата (б)

Таблица 2.1 – Режимы плазменной наплавки

| Параметры | ПГ-СР4+3%А1 | ПГ-ФБХ6-2+3%А1 |
|--|-------------|----------------|
| Сила тока, А | 160 – 170 | 180 - 190 |
| Напряжение, В | 30...32 | 30 |
| Частота вращения детали, мин ⁻¹ | 0,65 – 0,70 | 0,5 – 0,6 |
| Расход порошка, г/мин | 14 – 16 | 12 – 14 |

Таблица 2.2 - Химический состав порошков для плазменной наплавки

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

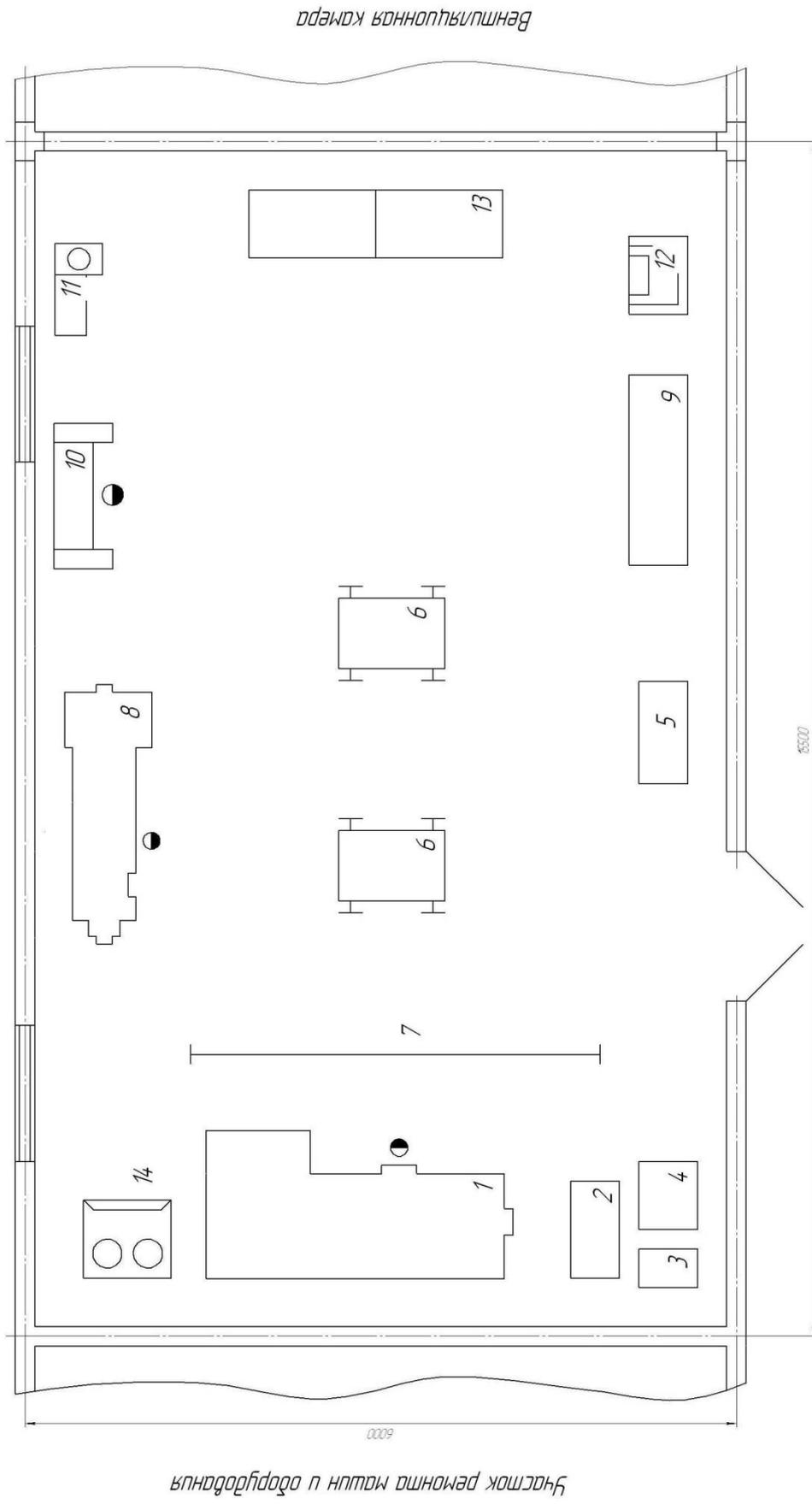
2.3 Планировка участка для наплавки деталей

На участке для проведения восстановительной наплавки тел вращения следует разместить следующее оборудование (табл. 2.3): токарный станок; установку для плазменной наплавки тел вращения; пресс гидравлического типа; копировально-шлифовальный станок; стол для проведения операции контроля; шкаф для хранения инструментов; нагревательную печь муфельного типа; транспортировочную тележку для деталей, подлежащих восстановлению; транспортировочную тележку для деталей после восстановительной наплавки; газовые баллоны; стенд для приготовления наплавочного порошка.

Таблица 2.4 – Применяемое при восстановительной наплавке оборудование, размещаемое на участке

| Наименование | Габаритные размеры, мм | Общая площадь, занятая оборудованием, м ² |
|--|------------------------|--|
| 1. Токарный станок | 3080 × 1565 | 4,82 |
| 2. Установка для плазменной наплавки тел вращения | 3080 × 1565 | 4,82 |
| 3. Пресс гидравлического типа | 1500 × 640 | 0,96 |
| 4. Копировально-шлифовальный станок | 725 × 530 | 0,38 |
| 5. Стол для проведения операции контроля | 2400 × 800 | 1,92 |
| 6. Шкаф для хранения инструментов | 860 × 360 | 0,31 |
| 7. Нагревательная печь муфельного типа | 610 × 645 | 0,39 |
| 8. Транспортировочная тележка для деталей, подлежащих восстановлению | 740 × 520 | 0,38 |
| 9. Транспортировочная тележка для деталей после восстановительной наплавки | 740 × 520 | 0,38 |
| 10. Газовые баллоны | 460 × 580 | 0,26 |

| | | |
|---|------------|------|
| 11. Стенд для приготовления наплавочного порошка | 1200 × 800 | 0,96 |
|---|------------|------|



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 2.9 – Планировка участка

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок, на котором выполняют восстановление деталей корпуса погружных электродвигателей насосов содержит следующее оборудование: токарный станок; установку для плазменной наплавки тел вращения; пресс гидравлического типа; копировально-шлифовальный станок; стол для проведения операции контроля; шкаф для хранения инструментов; нагревательную печь муфельного типа; транспортировочную тележку для деталей, подлежащих восстановлению; транспортировочную тележку для деталей после восстановительной наплавки; газовые баллоны; стенд для приготовления наплавочного порошка.

Технология плазменной наплавки представляет собой источник опасных и вредных производственных факторов. Это в свою очередь приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки и наплавки. В связи с этим актуальными являются работы в области изучения взаимосвязи особенностей технологии сварки и наплавки с выделениями сварочного аэрозоля и другими вредными факторами.

Влияние процесса плазменной наплавки на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии плазменной наплавки и предложены меры по защите персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

| Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса | Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса | Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса | Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса |
|--|--|--|---|
| 1. Мойка | Слесарь-сборщик | Моечная машина Magido L331 | 2) Щелочной раствор 3) Вода техническая |
| 2 Дефектация | Инженер - дефектоскопист | Штангенциркуль ШЦ, нутромер индикаторный НИ-50М, дефектоскоп ПМД-70 | 1) Масло |
| 3. Подготовка дефектного места | Слесарь-сборщик | Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М, дробь стальная, краскопульт SATA-LM2000 | Воздух сжатый, 4) мастика защитная РУНАКРОМ-М3 |
| 4. Наплавка | Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах | Установка плазменной наплавки, патрон Т-100-0014, источник питания модернизированный | Порошок наплавочный ПГ-СРЧ+3%Al, аргон |
| 5. Механическая обработка | Токарь-фрезеровщик | Токарный станок 1К62Ф3С | Резец Р6М5, СОЖ "Укринал" |
| 6. Проведение контроля качества | Инженер - дефектоскопист | Лупа х4, линейка, твердомер ТН-320, штангенциркул, набор ДМК-4 | - |

3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

| Операция в рамках рассматриваемого технологического процесса | Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса | Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса |
|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Мойка | <ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование | Моечная машина Magido L331 |
| 2 Дефектация | <ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне; - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; | Ультразвуковой дефектоскоп |
| 3. Подготовка дефектного места | <ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны | Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М, дробь стальная, краскопульт SATA-LM2000 |

Продолжение таблицы 3.2

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|-------------------------------|
| 4. Осуществление восстановительной наплавки | <ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур | Установка плазменной наплавки |
| 5. Механическая обработка | <ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; | Токарный станок 1К62Ф3С |
| 6. Проведение контроля качества | <ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне; - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; | Ультразвуковой дефектоскоп |

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

| Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса | Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал | Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал |
|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; | Инструктаж производственного персонала | Защитные перчатки, защитная одежда. |
| 2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; | Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты. | - |
| 3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур | Инструктаж производственного персонала | Защитные перчатки, защитная одежда. |
| 4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; | Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции | - |

Продолжение таблицы 3.3

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; | Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов | Защитные перчатки и одежда, защитная маска. |
| 6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации | Экранирование зоны сварочных работ | Защитные перчатки и одежда, защитная маска. |
| 7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья. | Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения | - |
| 8. Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; | Инструктаж производственного персонала | Местная и общеобменная вытяжная вентиляция |

3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

| Средства для тушения возгораний в начальной стадии | Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания | Перечень стационарных систем пожаротушения | Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания | Пожарное оборудование на участке сварки | Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала | Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний | Системы связи и оповещения на участке сварки |
|--|--|--|---|---|---|---|--|
| Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5 | Специализированные автомобили (вызываются) | Нет | Нет | - | План эвакуации, | Ведро, лопата, багор, топор | Тревожная кнопка |

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

| Участок, подразделение | Производственное оборудование участка | Возможный класс пожара | Опасные факторы пожара | Дополнительные проявления факторов пожара |
|---|--|--|--|---|
| Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка | Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сборочное приспособление, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля | пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) | Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него. | Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения. |

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

| Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса | Наименование мероприятий | Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок |
|--|--|--|
| Подготовительная операция, термическая обработка, операции наплавки, контрольные операции. | Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений. | Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре. |

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

| Анализируемый технологический процесс | Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса | Факторы, негативно влияющие на атмосферу | Факторы, негативно влияющие на гидросферу | Факторы, негативно влияющие на литосферу |
|---------------------------------------|---|---|--|---|
| Ремонтная наплавка | Подготовительная операция, термическая обработка, операция наплавки, контрольные операции | Выделяемые в процессе горения плазменной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы | Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения. | Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный. |

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

| Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии | Ремонтная наплавка металлических конструкций |
|--|--|
| Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу | На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. |

3.6 Заключение по разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии плазменной наплавки, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества плазменной наплавки деталей корпуса электрического двигателя погружного гидравлического насоса. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение ручной дуговой сварки. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Также при наплавке по базовому варианту происходит ухудшение характеристик восстановленного оборудования и его скорый выход из строя. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений. В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

| Наименование и сущность экономического показателя | Принятое в расчётах условное обозначение для показателя | Единица измерения рассматриваемого экономического показателя | Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса | |
|---|---|--|---|-----------|
| | | | Базовая | Проектная |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Принятое число рабочих смен | Ксм | - | 1 | 1 |
| Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии | На | % | 21,5 | 21,5 |

| | | | | |
|--------------|--|--|--|--|
| оборудованию | | | | |
|--------------|--|--|--|--|

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------------|-------------------------|-------------|-------------|
| Разряд сварщика | Р.р. | | V | V |
| Значение часовой тарифной ставки | Сч | Р/час | 250 | 250 |
| Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы | Кдоп | % | 12 | 12 |
| Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате | Кд | | 1,88 | 1,88 |
| Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд | Ксн | % | 30 | 30 |
| Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади | На.пл. | % | 5 | 5 |
| Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей | Сзксп | (Р/м ²)/год | 4000 | 4000 |
| Цена приобретения производственных площадей | Цпл | Р/м ² | 30000 | 30000 |
| Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии | S | м ² | 30 | 40 |
| Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов | Кт -з | % | 5 | 5 |
| Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования | Кмонт Кдем | % | 3 | 5 |
| Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии: | Цоб | Руб. | 240 тыс. | 560 тыс. |
| Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь | Кпл | - | 3 | 3 |
| Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования | Муст | кВт | 3,6 | 5,0 |

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|------------------|--------|------|------|
| Принятое значение стоимость электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии | Цэ-э | Р/ кВт | 3,02 | 3,02 |
| Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы | К _{вн} | - | 1,1 | 1,1 |
| Величина коэффициента полезного действия | КПД | - | 0,7 | 0,7 |
| Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений | Ен | - | 0,33 | 0,33 |
| Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов | К _{цех} | - | 1,5 | 1,5 |
| Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов | К _{зав} | - | 1,15 | 1,15 |
| Время машинное | t _{МАШ} | час | 0,4 | 0,22 |

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C , \quad (4.1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность в часах рабочей смены;

D_p – суммарное для одного года число рабочих дней;

$D_{п}$ – суммарное для одного гола число предпраздничных дней;

$T_{п}$ – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_{\text{э}} = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{МАШ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{П-3}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{МАШ}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{шт.баз} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,525 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,22 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,28 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{Г} = \frac{F_{Э}}{t_{шт}} \quad (4.4)$$

где $F_{Э}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$П_{Г.баз.} = 4108 / 0,525 = 7824 \text{ изделий за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 4108 / 0,28 = 14671 \text{ изделий за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения $П_{Г} = 1000$ изделий за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot П_{Г}}{F_{Э} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

$П_{Г}$ – принятая годовая программа;

$F_{Э}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{ВН}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

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

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

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Kз = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Kзб = 0,58/1 = 0,58,$$

$$Kзп = 0,31/1 = 0,31.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{\text{Т-З}}, \quad (4.7)$$

где C_m – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{\text{Т-З}}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

$$M_{\text{баз.}} = 270 \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 425,25 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 410 \cdot 0,8 \cdot 1,05 + 90 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 410,55 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,525 \cdot 250 \cdot 1,88 = 246,75 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,28 \cdot 250 \cdot 1,88 = 131,6 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$Z_{\text{доп.баз.}} = 246,75 \cdot 12 / 100 = 29,61 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 131,6 \cdot 12 / 100 = 15,79 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{баз.}} = 246,75 + 29,61 = 276,36 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 131,6 + 15,79 = 147,39 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$\text{Осн} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сн}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 276,36 \cdot 30/100 = 93,96 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 147,39 \cdot 30/100 = 50,11 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где $A_{\text{об}}$ – амортизация оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$N_{\text{а}}$ – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{\text{обб}} = \frac{240000 \cdot 0,4 \cdot 21,5 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 5,02 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{обпр}} = \frac{560000 \cdot 0,22 \cdot 21,5 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 6,45 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (4.13)$$

где $M_{\text{УСТ}}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{\text{Э-ЭБ}} = \frac{3,6 \cdot 3,02 \cdot 0,4 \cdot 1}{0,7} = 22,09 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{Э-ЭПР}} = \frac{5,0 \cdot 3,02 \cdot 0,22 \cdot 1}{0,7} = 20,46 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{об баз.}} = 5,02 + 22,09 = 27,11 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 6,45 + 20,46 = 26,91 \text{ руб.}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{ПЛ}} = P_{\text{ПЛ}} + A_{\text{ПЛ}}, \quad (4.14)$$

где $P_{\text{ПЛ}}$ – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей;

$A_{\text{ПЛ}}$ – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ЭКСПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{ЭКСПЛ}}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{4000 \cdot 30 \cdot 0,4}{4108} = 11,68 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{4000 \cdot 40 \cdot 0,22}{4108} = 8,56 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛ}} \cdot \text{На}_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $\text{На}_{\text{ПЛ}}$ – норма амортизации площади;

$Ц_{\text{ПЛ}}$ – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$A_{\text{ПЛб}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 0,4 \cdot 21}{4108 \cdot 100} = 18,40$$

$$A_{\text{ПЛпр}} = \frac{30000 \cdot 40 \cdot 0,22 \cdot 21}{4108 \cdot 100} = 13,50$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$З_{\text{ПЛБаз.}} = 11,68 + 18,40 = 30,08 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПроектн.}} = 8,56 + 13,50 = 22,06 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + \text{Осс} + З_{\text{ОБ}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 425,25 + 276,36 + 93,96 + 34,65 + 30,08 = 852,76 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 410,55 + 147,39 + 50,11 + 26,91 + 22,06 = 657,02 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 852,76 + 246,75 \cdot 1,5 = 852,76 + 370,13 = 1222,89 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 657,02 + 131,6 \cdot 1,5 = 657,02 + 197,40 = 854,42 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1222,89 + 246,75 \cdot 1,15 = 1222,89 + 283,76 = 1506,65 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 854,42 + 131,6 \cdot 1,15 = 854,42 + 151,34 = 1005,76 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

| ПОКАЗАТЕЛИ | Услов. обозн. | Калькуляция., руб | |
|---------------------------|------------------|-------------------|----------|
| | | Базовый | Проектн. |
| Материалы | М | 425,25 | 410,55 |
| Фонд заработной платы | ФЗП | 276,36 | 147,39 |
| Отчисления на соц. нужды | О _{сн} | 93,96 | 50,11 |
| Затраты на оборудование | Зоб | 27,11 | 26,91 |
| Расходы на площади | Зпл | 30,08 | 22,06 |
| Себестоимость технологич. | Стех | 852,76 | 657,02 |
| Расходы цеховые | Рцех | 370,13 | 197,40 |
| Себестоимость цеховая | Сцех | 1222,89 | 854,42 |
| Расходы заводские | Рзав | 283,76 | 151,34 |
| Себестоимость заводская | С _{ЗАВ} | 1506,65 | 1005,76 |

4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где K_3 – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

$$C_{\text{ОБ.Б}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где $C_{\text{ПЕРВ}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 240000 - (240000 \cdot 2,5 \cdot 21 / 100) = 114000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 114000 \cdot 0,58 = 66120 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБПР}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади;

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗПР}} \quad (4.23)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБППроектн.}} = 1 \cdot 560000 \cdot 1,05 \cdot 0,31 = 182280 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = C_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 240000 \cdot 3/100 = 7200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = C_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1 \cdot 560000 \cdot 2/100 = 11200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 7200 + 11200 = 18400 \text{ руб.}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 182280 + 18400 = 200680 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДОП}} = 200680 - 66120 = 134560 \text{ руб.}$$

4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,525 - 0,28}{0,525} \cdot 100\% = 46,7\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 46,7}{100 - 46,7} = 101,5\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{852,76 - 657,02}{852,76} \cdot 100\% = 23\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_{\text{T}} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (1506,65 - 1005,76) \cdot 5000 = 2504450 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{134560}{2504450} = 0,5$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\text{г}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{г}} = 2504450 - 0,33 \cdot 134560 = 2460045,2 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости ремонтной сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 46,7 %, увеличить производительность труда на 101,5 %, уменьшить технологическую себестоимость на 23 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил приблизительно 2,5 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 2,46 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества восстановления элементов корпуса погружного электродвигателя гидравлического насоса из стали 20ХГСФЛ. Основным дефектом изделия является износ посадочных поверхностей. Предварительный литературный обзор позволил выделить пять наиболее применимых к рассматриваемому изделию способов восстановления:

- 1) ручная дуговая наплавка штучными электродами;
- 2) наплавка порошковой проволокой;
- 3) наплавка в среде углекислого газа;
- 4) лазерная наплавка;
- 5) плазменная наплавка.

Дальнейшая работа по достижению поставленной цели велась путём решения следующих задач:

- 1) обоснование выбора способа восстановительной наплавки изделия;
- 2) составление проектной технологии восстановительной наплавки изделия;
- 4) оценка безопасности и экологичности технических решений;
- 5) оценка экономической эффективности технических решений.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии. Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 2,11 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ельцов, В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов: учебное пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.
2. Молодык Н. В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин.— М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
3. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х тт.— М.: Машиностроение, 1978.
4. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–34.
5. Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки, взаимодействие металла с газами / И.К. Походня, И.Р. Явдошин, А.П. Пальцевич [и др.]. – К.: наукова думка, 1994. – 444 с.
6. Походня, И.К. Исследования и разработки ИЭС им. Е.О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой (обзор) / И.К. Походня, В.Н. Шлепаков, С.Ю. Максимов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2010. – № 12. – С. 34–42.
7. Файзулин, А.В. Ремонтная сварка корпуса насоса, изготовленного из среднеуглеродистой стали 20ХГСФЛ / А.В. Файзулин, А.И. Мадретдинов, В.Д. Каретников // 13-я Международная молодежная научная конференция «Севергеозко-2012», Ухта, 21–23 марта 2012. Ч. 6. – Ухта, 2012. – С. 70–72.
8. Файзулин, А.В. Ремонт корпусов насосных агрегатов из стали 20ХГСФЛ с применением сварочных технологий / А.В. Файзулин, А.И. Мадретдинов, В.Д. Каретников, М.Р. Фаткуллин // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. – 2014. – № 1– С. 345–361.
9. Походня, И.К. Производство порошковой проволоки / И.К. Походня, В.Ф. Альтер, В.Н. Шлепаков и др. – Киев : Вища школа, 1980. – 231 с.

10. Шоно, С.А. Плавкость шлаков, образующихся при износостойкой наплавке порошковой проволокой открытой дугой / С.А. Шоно // Автоматическая сварка. – 1974. – № 1. – С. 7–9.

11. Юзвенко, Ю.А. Защита металла при наплавке порошковой проволокой открытой дугой / Ю.А. Юзвенко, Г.А. Кирилук // Автоматическая сварка. – 1974. – № 3. – С. 58–60.

12. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

13. Потальевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.

14. Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев. – К. : Екотехнолопя, 2007. – 202 с.

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

16. Кудинов, В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В.В. Кудинов, В.М. Иванов. – М. : Машиностроение. – 1981. – 192 с.

17. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–34.

18. Власов, А.Ф. Повышение производительности ручной дуговой наплавки изделий, работающих при высоких температурах / А.Ф. Власов, Н.А. Макаренко, Н.А. Куций, В.П. Куликов // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. – 2017. – № 2. – С. 93–98.

19. Лендел, И.В. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери

электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе / И.В. Лендел, С.Ю. Максимов, В.А. Лебедев, О.А. Козырко // Автоматическая сварка. – 2015. – № 5–6. – С. 46–48.

20. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.

21. Балдаев, Л.Х. Опыт применения технологии лазерной наплавки для реновации уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Л.Х. Балдаев, В.С. Степин, О.Е. Грачев, М.А. Киселев // Трубопроводная арматура и оборудование. - № 1. – 2015.

22. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 3. Способы поверхностной лазерной обработки: Учеб. пособие для вузов / А.Г. Григорьянц, А.Н. Сафонов; под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высш. шк., 1987. – 191 с.

23. Похмурська Г.В. Утворення тріщин у газотермічних покриттях залежно від умов їх лазерного переплавлення // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2003. № 1. – С. 59–62.

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

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

26. 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.