

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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс наплавки обода копрового шкива

Обучающийся

И.А. Видманов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки обода копрового шкива.

Базовая технология восстановительной наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами. При анализе операций базового технологического процесса восстановительной наплавки с применением ручной дуговой наплавки сформулированы недостатки.

На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Производительность труда повышается на 270 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 59 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,3 млн. рублей.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние вопроса наплавки на копровых шкивах.	7
1.1 Описание изделия и условий его работы.	7
1.2 Сведения о материале изделия.	10
1.3 Базовая технология наплавки.	12
1.4 Анализ преимуществ и недостатков базовой технологии.	15
1.5 Анализ источников научно-технической информации	16
1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	19
2 Построение проектной технологии проведения восстановительной наплавки.	20
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	20
2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки	24
2.3 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки.	28
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	34
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	34
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	35
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков	37
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	39
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	41
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений	42
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям	42

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	44
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии	45
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	47
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии	51
4.6 Показатели экономической эффективности.	53
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

Для обеспечения транспортной связи между подземной частью шахты и поверхностью применяется подъёмная шахтная установка. Она обеспечивает поставку вверх добываемого в шахте сырья и выработанной породы. Также шахтная установка служит для спуска и подъёма персонала и различного оборудования.

Подъём и спуск обеспечивается посредством барабанных машин, которые могут быть одноканатными или многоканатными. Приводом такой установки является электродвигатель постоянного тока, питание которого обеспечивается от тиристорных преобразователей. Применение новых канатов и увеличение грузоподъёмности приводит к ускорению износа копрового шкива. Для его восстановления и продления срока эксплуатации применяется наплавка обода шкива износостойкими сплавами. Применяемая ранее наплавка штучными электродами в настоящее время заменяется более перспективными способами сварки и наплавки, которые позволяют повысить качество выполняемых работ и производительность. Также становится возможным получение наплавленных слоев с улучшенными свойствами – увеличенной износостойкостью и продлённым ресурсом эксплуатации.

При построении технологических процессов современного производства следует учитывать экологическую повестку и специфику политического положения. В настоящее время необходимо обеспечить повышение эффективности технологических процессов производства одновременно со снижением затрат материалов и средств на их проведение. Повышение эффективности современного производства связано не только с необходимостью решения вопроса повышения стабильности качества. Разрабатываемые методики контроля и прогрессивные технологические процессы позволяют существенно снизить трудоёмкость выполнения работ и многократно повысить производительность. Поскольку предприятия Российской Федерации находятся в условиях жесточайшей конкуренции с

западными и азиатскими производствами, то задача повышения производительности также актуальна. Если проектный процесс не позволит достигнуть существенного прогресса в этом направлении, то его внедрение будет заведомо бесперспективным.

Также следует принимать во внимание, что восстановительная наплавка требует для повторного введения детали в эксплуатацию в десятки раз меньше энергии и материалов, чем изготовление новой детали. Таким образом, обеспечивается соблюдение экологической повестки.

Соблюдение требования энергосбережения и ресурсосбережения делает необходимым повсеместное применение технологий реновации, которые позволяют применять восстановленные детали машин вместо вновь приобретаемых деталей машин. Восстановление детали требует меньших затрат энергии и металла, чем изготовление новой детали. Также при возможности восстановления изношенной детали и её повторного использования нет необходимости дожидаться поставок новых деталей или хранить запас деталей на складе [3], [7].

Вышеизложенное позволяет судить об актуальности выбранной темы выпускной квалификационной работы, которая может быть сформулирована как «Повышение эффективности восстановительной наплавки обода копрового шкива».

Достижение поставленной цели должно выполняться на основании изучения современных технологических решений, предложенных сварочному производству отечественными и зарубежными исследователями. С учётом настоящей специфики, характеризующей политическую и экономическую обстановку в России и за рубежом, предпочтение следует отдавать отечественным разработкам, внедрение которых в современное производство не потребует применения импортного оборудования и элементной базы [12], [16].

1 Современное состояние вопроса наплавки на копровых шкивах

1.1 Описание изделия и условий его работы

На рисунке 1 представлен копровый шкив ШКК-6, который является разновидностью специального оборудования. Копровые шкивы нашли применение на шахтах и рудниках при выполнении подъёмно-спусковых работ. Особенно сильное нагружение шкивов происходит при подъёме или спуске шахтного оборудования, которое имеет значительный вес [1].

Конструктивно копровый шкив представляет собой соединение нескольких металлических элементов, состав сборки представлен на рисунке 2. В состав копрового шкива включены крепежные детали, полуободы (желоба), опора подшипника, ступица, ось.

В настоящей работе рассматривается два копровых шкива диаметром 5240 мм и диаметром 6356 мм. У первого шкива диаметр каната составляет 33...58 мм. У второго шкива диаметр каната составляет 47...63 мм. В зависимости от диаметра шкива изменяется значение максимальной скорости подъёма. У шкива с меньшим диаметром она составляет 12 м/с, у шкива с большим диаметром максимальная скорость подъёма составляет 16 м/с. У первого шкива расстояние между осями подшипников составляет 1180 мм, у второго шкива расстояние между осями подшипников составляет 1300 мм. Максимальная нагрузка на шкив для малого и большого шкива составляет соответственно 300 и 396 кН. Масса малого шкива составляет 12450 кг, масса большого шкива составляет 14616 кг.

Установка шкива выполняется на подшкивную площадку копра. В отдельном здании располагают подъёмную машину. При этом канат с одного конца запанцировывается в барабан подъёмной машины. С другого конца канат запанцировывается в поднимаемую конструкцию, в качестве которой может выступать клеть, сосуд для жидкостей или грузовая платформа.



Рисунок 1 – Работа копрового шкива в составе подъёмного оборудования на шахтах и рудниках

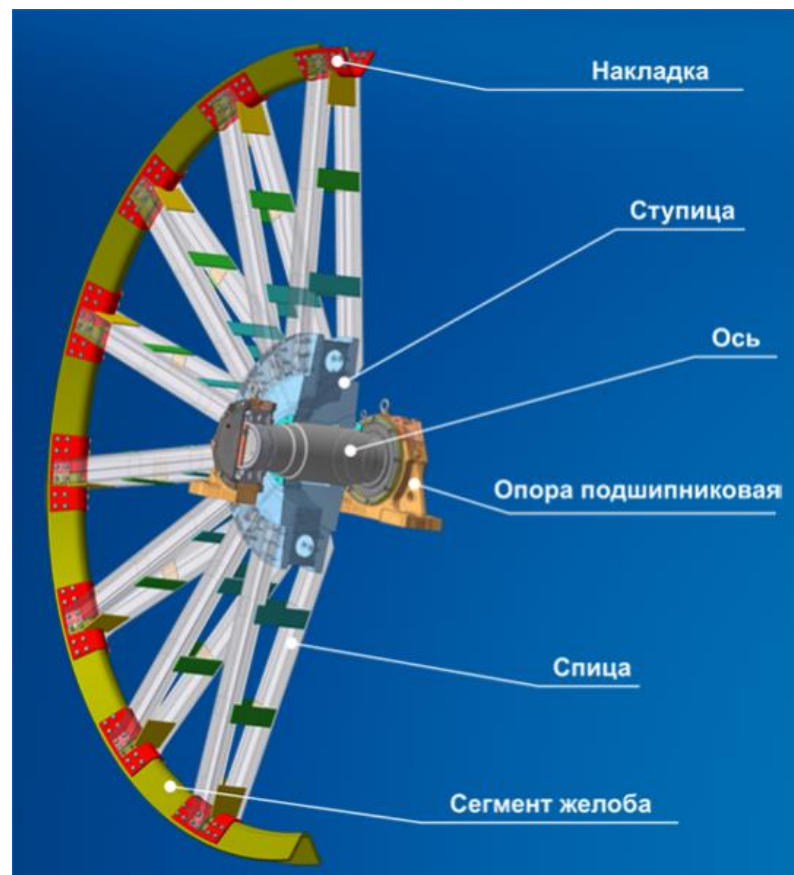


Рисунок 2 – Конструкция копрового шкива

Во время вращения барабана подъёмной машины происходит наматывание или разматывание каната. При этом канат перекинут через шкив, который за счёт своего вращения обеспечивает снижение сопротивления движения каната, который трётся по ручью шкива и тем самым приводит его во вращение. В результате обеспечивается спуск или подъём грузов по вертикальному стволу шахты.

Шкив ШКК входит в состав горно-шахтного оборудования и служит для направления стального каната при функционировании одноканатной подъёмной установки. Поскольку обод шкива изготавливается из стали 45, наблюдается его интенсивный износ в ходе продолжительной работы по подъёму и опусканию грузов. В специальном журнале ведётся дневник расхода канатов, в который заносятся даты смазки, навески, снятия, количество циклов подъёма и опускания, результаты ежедневного внешнего осмотра, результаты ежемесячного инструментального контроля. Если выполнять эксплуатацию оборудования с изношенным канатом, интенсивность износа шкива увеличивается, и на нём происходит образование таких дефектов, как «штопор» или «волна». Продление срока эксплуатации шкива возможно при проведении его восстановительной наплавки, при этом удаётся увеличить ресурс ещё на 1...1,5 месяца. Особенно это актуально при работе с изношенным канатом, так как необходимо обеспечить одновременный демонтаж каната и шкива, и новый канат навешивать уже на новый шкив. Таким образом, при работе подъёмного шахтного оборудования требуется постоянная замена шкивов, поскольку восстановительная наплавка не даёт возможности длительной эксплуатации с новыми канатами.

Применение современных наплавочных технологий должно позволить проводить длительную эксплуатацию шкива, ресурс которого необходимо увеличить многократно. Это позволит эксплуатировать шкив с несколькими канатами.

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления элементов обода копрового шкива применяется сталь 45, которая относится к среднеуглеродистым сталям. Поскольку содержание углерода в стали составляет порядка 0,45%, её следует отнести к ограниченно свариваемым. Сталь 45 нашла применение при изготовлении распределительных валов, шпиделей, шестерен, бандажей и кулачков. Содержание химических элементов в стали 45 представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 45 [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,42 – 0,5	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,3	до 0,08

При оценке свариваемости сталей в зависимости от содержания в них углерода следует принимать во внимание, что при содержании углерода более 0,35 % наблюдается значительное ухудшение свариваемости. Это объясняется возникновением в металле сварного шва закалочных структур из-за нежелательных структурных превращений. Также при сварке возникает значительное количество пор из-за выгорания углерода.

В рассматриваемой стали содержится марганец в количестве 0,5...0,8 %, такое содержание марганца не приводит к ухудшению свариваемости, которая может пострадать при содержании марганца выше 1 %.

В рассматриваемой стали кремний содержится в количестве 0,17...0,37 %, такое содержание кремния не влияет на свариваемость.

В рассматриваемой стали сера содержится в количестве до 0,04 %, сера является вредной примесью, и её высокое содержание приводит к опасности получения горячих трещин при сварке.

В рассматриваемой стали фосфор содержится в объёме до 0,035 %, фосфор является вредной примесью и приводит к хладноломкости стали из-за образования в ней фосфористого железа.

Основной проблемой при сварке и наплавке стали 45 могут стать образование горячих и холодных трещин.

Причиной образования горячих трещин является пониженная деформационная способность металла в нагретом состоянии. Переход расплавленного металла из жидкого состояния в твёрдое сопровождается уменьшением его объёма и образованием растягивающих напряжений, величина которых превышает пороговое значение напряжения для нагретого состояния. Термическая обработка сварного шва не снижает вероятности получения горячих трещин, а наоборот, может привести к её повышению.

Образующиеся после сварки холодные трещины характеризуются замедленным развитием, их образование происходит при температуре металла ниже 200 °С. После зарождения холодной трещины, она развивается в течение нескольких часов или даже суток. При этом трещины могут обнаруживаться как в наплавленном металле, так и в основном металле.

Назначение параметров режима наплавки при ремонте деталей машин из стали 30 требует более тщательной теоретической и экспериментальной проработки по сравнению с низкоуглеродистыми сталями.

Сварку и наплавку деталей из стали 45 ведут с применением таких электродов, как УОНИ 13/45 и УОНИ 13/55. Применение этих электродов позволяет успешно противостоять образованию горячих трещин. В случае, если к изделию предъявляются требования по пластичности, требуется проведение термической обработки. Сварку и наплавку следует вести широкими валиками и поддерживать минимальную длину дуги, что позволяет избежать выгорания углерода. При сварке и наплавке необходимо тщательно заваривать кратеры или выводить их на технологические пластины. Это необходимо делать, так как незаваренные кратеры могут стать причиной зарождения трещин.

1.3 Базовая технология наплавки

При использовании шкивов по мере их износа проводят восстановительную наплавку поверхности ручья. Для проведения восстановительной наплавки специализирующаяся организация разрабатывает соответствующую технологию. Восстановительную наплавку реборды и обода проводят при износе более 50 % от начальной толщины.

При проведении восстановительных операций колесо по длине окружности условно разбивают на 16 участков. Восстановительную наплавку ведут на каждом участке отдельно и «в разбежку». При этом наплавку ведут одновременно два сварщика, которые располагаются противоположно друг другу. Наплавку ведут в полувертикальном положении. Для того, чтобы не допустить перегрев, выполняют наплавку валика по всей длине участка через одни валик. За три полных оборота шкива накладывают три валика. Контроль профиля ведут с применением шаблона, при помощи шлифовальной машины удаляют наплывы.

Для того, чтобы в наплавленном металле не образовывались непровары, трещины или шлаковые включения, перед наплавкой поверхность необходимо очистить. При этом с неё удаляют загрязнения и ржавчину. Также следует принимать во внимание, что содержание на поверхности влаги и следов масла приводит к усилению порообразования. В связи с вышеизложенным следует выполнять тщательную очистку поверхности шкива перед проведением восстановительной наплавки.

Также перед восстановительной наплавкой следует удалить наклёпанный слой металла. Если поверхность шкива имеет неравномерную выборку, неровности также следует удалить с применением механических средств. При помощи пескоструйной обработки, стальных щёток или абразивных кругов окончательно подготавливают поверхность перед проведением восстановительной наплавки.

В качестве электродов используют электроды ОЗН-300, применение которых при восстановительной наплавке позволяет получить слой с удовлетворительными качествами. В таблице 2 приведено содержание химических элементов в наплавленном металле. Перед выполнением наплавки электроды следует прокалить при температуре 300...350 °С в течение 1 часа. После проведения прокалики электроды следует использовать в течение смены. В противном случае необходимо проведение повторной прокалики. Всего допускается не более трёх прокалок электродов. Для сварки применяется выпрямитель ВД-301, который представлен на рисунке 3.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в наплавленном металле при применении электродов ОЗН-300

С	Si	Mn	S	P
			не более	
0,09...0,14	до 0,15	3,6-4,5	0,030	0,040



Рисунок 3 – Сварочный выпрямитель ВД-301

Восстановительную наплавку ведут на постоянном токе обратной полярности. Обратная полярность предусматривает подключение к сварочному электроду положительного полюса источника питания, а к наплавляемой детали – отрицательного полюса источника питания.

Напряжение на дуге составляет 18...24 В. Сила тока сварки принимается равной 170...200 А. Для проведения восстановительной наплавки применяются электроды диаметром 4 мм. При выполнении наплавки необходимо поддерживать длину дуги не более одного диаметра

электрода. В противном случае возможно выгорание углерода и легирующих элементов. Электрод следует держать под наклоном $15...20^\circ$ по направлению движения. Ширина наплавляемого слоя составляет $1,5...2$ диаметра электрода, что получается за счёт поперечных колебаний, как показано на рисунке 4.

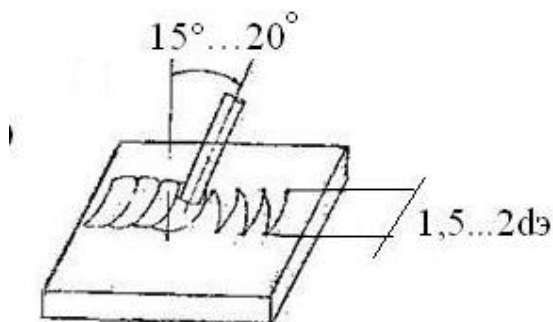


Рисунок 4 – Техника восстановительной наплавки

При наплавке каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий валик на ширину от трети до половины. При наплавке толщина слоя на последующую механическую обработку (припуск) составляет $2,5...4$ мм. При обрыве дуги кратер следует выводить за пределы наплавляемой поверхности, для этого применяются приставные планки. Схема укладки валиков при восстановительной наплавке показана на рисунке 5.

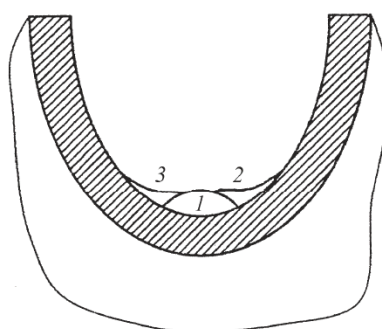


Рисунок 5 – Схема укладки валиков при наплавке шкива

После наложения валика и его остывания выполняют очистку его поверхности от брызг металла и шлака. Перед наплавкой нового слоя предыдущий слой наплавленного металла необходимо очистить до металлического блеска.

1.4 Анализ преимуществ и недостатков базовой технологии

В числе преимуществ базовой технологии восстановительной наплавки следует указать, во-первых, возможность выполнения ремонтной наплавки слоя значительной толщины, что позволяет с высокой производительностью исправлять износ существенной величины.

Вторым преимуществом является относительная простота и дешевизна применяемого оборудования для наплавки, которое не потребует затрат для приобретения, так как уже имеется на предприятии.

Третьим преимуществом является высокая универсальность применяемой технологии и оборудования, которые могут быть использованы для восстановительной наплавки других деталей.

Кроме того, технология ручной дуговой наплавки хорошо отработана и не требует приобретения дополнительных приборов метрологического обеспечения и переобучения персонала.

Применяемая базовая технология имеет ряд недостатков. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой наплавки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода наплавочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества наплавки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Современный рынок наплавочных материалов и оборудования для наплавки показывает динамику к переходу от ручных способов наплавки к автоматическими и механизированным.

1.5 Анализ источников научно-технической информации

Для получения информации по вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки деталей машин выполнен поиск литературных источников. Поиск проводится в сети интернет по базам научных статей «Киберленинка», базам диссертаций «Диссеркэт» и с использованием поисковой системы «Гугл» по ключевым словам «наплавка», «журнал сварочное производство», «журнал автоматическая сварка». Для последующего анализа выбрано восемь источников научно-технической информации.

В первой работе [4] показано, что при работе деталей машин в условиях трения эффективным способом восстановления может стать газотермическое нанесение покрытий. Предложены составы восстановительных покрытий. Оказано, что применение покрытия на никелевой основе позволяют получить высокую прочность сцепления с основой и стойкость по отношению к износу при трении «металл-металл». Это объясняется высокой стойкостью против изнашивания аустенитных композиций по сравнению с железоуглеродистыми композициями.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения газотермического нанесения покрытия при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали.

Во второй работе [5] проведены исследования зависимости структурного состояния наплавленного металла от исходной структуры и состава присадочного порошка ПГ-10Р6М5 при выполнении плазменно-порошковой наплавки. Показана высокая эффективность предлагаемой технологии при восстановительной наплавке

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа наплавки обода копрового шкива.

В третьей работе [6] показана высокая эффективность восстановительной наплавки в углекислом газе, при этом для повышения качества и снижения разбрызгивания предлагается осуществлять импульсную подачу проволоки. Эффективность предлагаемых решений проверена применительно к случаю наплавки образцов из стали 30ХГСА. Представленная работа показывает высокую эффективность применения механизированной и автоматической наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали.

В четвёртой работе [8] рассмотрена технология электрошлаковой наплавки двумя лентами. Выполняли электрошлаковую наплавку двумя лентами. Проведение такой наплавки предусматривает подачу двух электродных лент в сварочную головку. Скорость подачи лент одинаковая. Посредством медной вставки происходит подвод тока к лентам. Флюс обеспечивает защиту зоны наплавки от действия воздуха. Первоначально между лентами и изделием возникает дуга, которая вызывает расплавление флюса и оплавление краев ленты. Далее расплавленный флюс (шлак) становится проводником тока, шунтирует дугу, и процесс из дугового переходит в шлаковый. Электропроводный шлак становится источником тепла для расплавления шлака и электродных лент. При экспериментах были использованы ленты ESAB ОК Band 309LNb ESW сечением 0,5x60 мм и флюс ESAB ОК Flux 10.10. В качестве образцов использовались пластины из стали Ст3 размером 200x100x30 см. Ток наплавки изменяли в диапазоне 1200...1600 А. Напряжение наплавки изменяли в диапазоне 25...38 В. Скорость наплавки изменяли в диапазоне 10...30 м/ч. Зазор между лентами изменяли в диапазоне 8...20 мм. Вылет лент оставался постоянным и составлял 35 мм.

В пятой работе [9] исследована зависимость эффективности восстановительной наплавки сального колеса от различных факторов. В результате проведённых исследований показано, что при проведении отжига поверхности колеса перед наплавкой, многоэлектродной наплавки и термической обработке эффективность восстановительной наплавки повышается.

В шестой работе [10] описываются результаты исследования зависимости проплавления основного металла от выбора способа автоматической наплавки. При проведении эксперимента было взято девять партий порошковой проволоки. Показано, что напряжение дуги существенно влияет на формирование наплавленного валика. Оптимальный интервал напряжений, при соблюдении которого удаётся получить наплавленный слой без пор и с хорошим формированием валиков, для проволоки одного диаметра будет изменяться в зависимости от выбранного способа наплавки.

В седьмой работе [11] показана высокая эффективность наплавки порошковой проволокой при восстановлении деталей машин.

В восьмой работе [13] представлены результаты зависимости свойств наплавленного металла при восстановлении крановых колёс от выбора наплавочного материала и параметров термической обработки.

На основании предварительного анализа источников научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки деталей машин для последующего детального анализа выбираем следующие способы: ручная дуговая наплавка, механизированная наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения, лазерная наплавка, плазменная наплавка, наплавка порошковой проволокой, газопламенная наплавка.

При подготовке исполнительского раздела настоящей выпускной квалификационной работы предусматривается проведение исследований для обоснования выбора способа восстановительной наплавки рассматриваемого обода копрового шкива.

1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки обода копрового шкива.

При анализе свойств материала для изготовления рассматриваемого изделия (сталь 45) указаны трудности, возникающие при его сварке и наплавке. К таким трудностям следует отнести образование горячих и холодных трещин.

Базовая технология восстановительной наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами. При анализе операций базового технологического процесса восстановительной наплавки с применением ручной дуговой наплавки сформулированы недостатки.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, решению которых будет посвящен исполнительский раздел настоящей выпускной квалификационной работы.

Первой задачей выпускной квалификационной работы является обоснование выбора способа восстановления. В ходе решения этой задачи следует составить список возможных способов восстановления, применение которых по отношению к рассматриваемой детали будет эффективно.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа восстановления. При этом следует рассмотреть разработки, предложенные отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками.

Третьей задачей является построение проектной технологии восстановления. При этом следует дать перечень технологических операций, которые будут выполняться при осуществлении процесса. Также необходимо сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

2 Построение проектной технологии проведения восстановительной наплавки

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

В предыдущем разделе на основании поиска и анализа содержания научно-исследовательских работ по вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки деталей машин для детального анализа выбрано несколько способов: ручная дуговая наплавка, механизированная наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения, лазерная наплавка, плазменная наплавка, наплавка порошковой проволокой, газопламенная наплавка.

В работе [14] для составления проектной технологии восстановительной наплавки предложено критерии выбора оптимального способа. К таким критериям следует отнести:

- интегральная экономическая эффективность способа восстановления,
- условия труда сварщика,
- производительность процесса восстановления,
- эксплуатационные качества восстановленного изделия после выполнения ремонтных работ,
- стоимость применяемого в технологическом процессе оборудования и материалов.

На рисунке 6 представлена схема выполнения ручной дуговой наплавки. Следует отметить ряд преимуществ этого способа восстановления деталей машин. Высокая универсальность применяемой технологии и оборудования могут быть использованы для восстановительной наплавки других деталей. Технология ручной дуговой наплавки хорошо отработана и не требует приобретения дополнительных приборов метрологического

обеспечения и переобучения персонала. Относительная простота и дешевизна применяемого оборудования для наплавки не потребует затрат для приобретения, так как уже имеется на предприятии. Способ позволяет получить наплавленный слой значительной толщины, что обеспечивает высокую производительность.

На рисунке 7 представлена схема выполнения механизированной наплавки проволокой сплошного сечения в защитном газе. Этот способ позволяет существенно улучшить условия труда, повысить производительность и качество наплавочных работ.

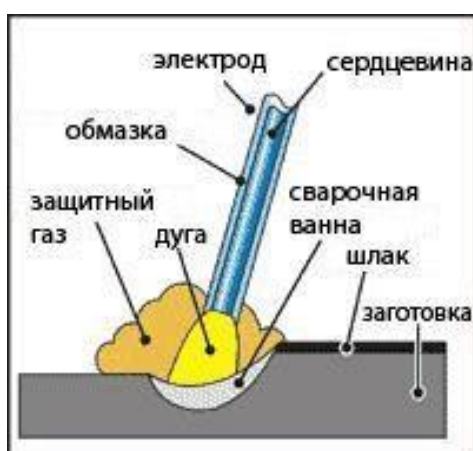
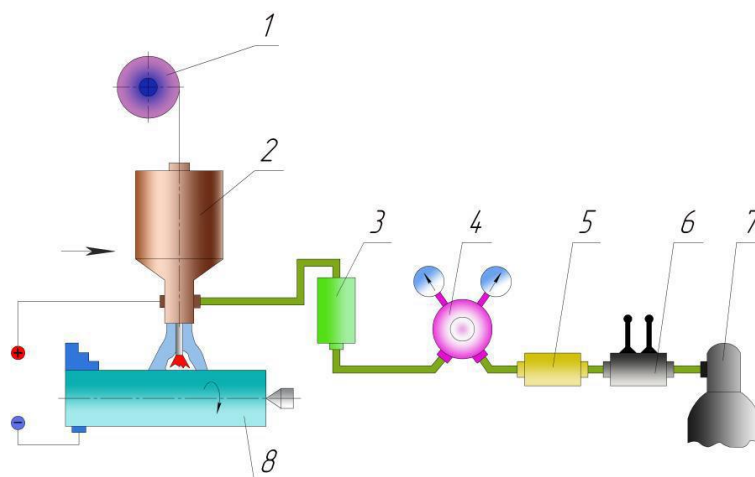


Рисунок 6 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки



1 – механизм подачи проволоки, 2 – наплавочная головка, 3 – расходомер, 4 – редуктор, 5 – осушитель, 6 – подогреватель, 7 – баллон с газом, 8 – деталь

Рисунок 7 – Схема выполнения наплавки в углекислом газе

Схема наплавки порошковыми проволоками представлена на рисунке 8. Наплавка с применением порошковой проволоки позволяет существенно повысить производительность по сравнению с ручной наплавкой и мобильность по сравнению с наплавкой в защитных газах.

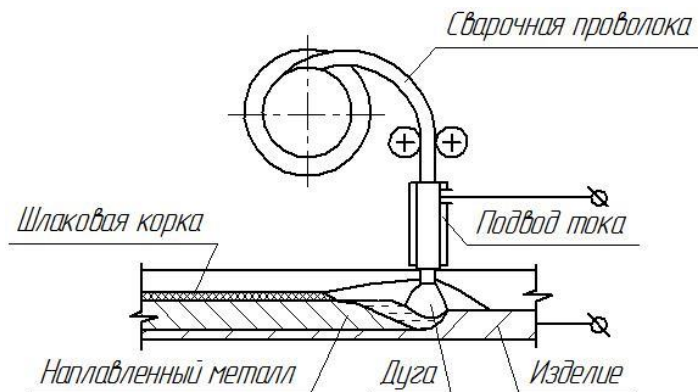


Рисунок 8 – Схема восстановительной наплавки порошковой проволокой

Лазерная наплавка, схема применения которой представлена на рисунке 9, предусматривает использование в качестве источника нагрева энергии лазерного луча. При лазерной наплавке выделяют три схемы выполнения способа. Первая схема предусматривает плавление лазерным лучом предварительно нанесённого на восстанавливаемую поверхность порошка. Вторая схема предусматривает применение боковой подачи. Применение этой схемы до недавнего времени было самым распространённым и позволяет получать покрытия различной толщины и состава.

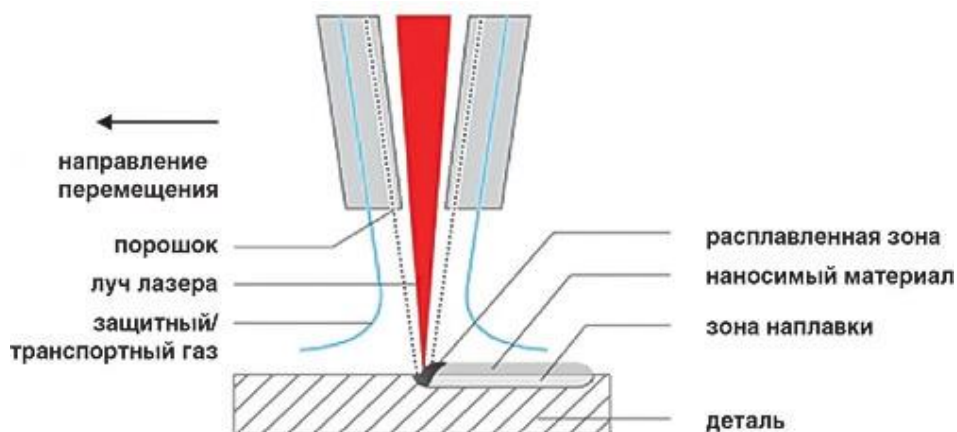
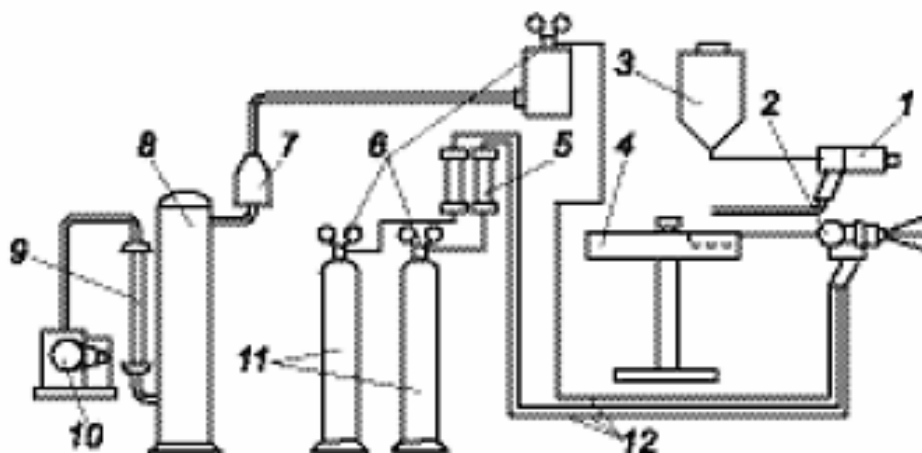


Рисунок 9 – Схема выполнения лазерной наплавки

На рисунке 10 представлена схема выполнения газопламенного нанесения покрытия. Преимуществами газопламенного напыления являются малое тепловое воздействие на восстанавливаемую деталь, простота и дешевизна применяемого оборудования, высокая производительность и сопротивляемость нанесённого слоя износу.

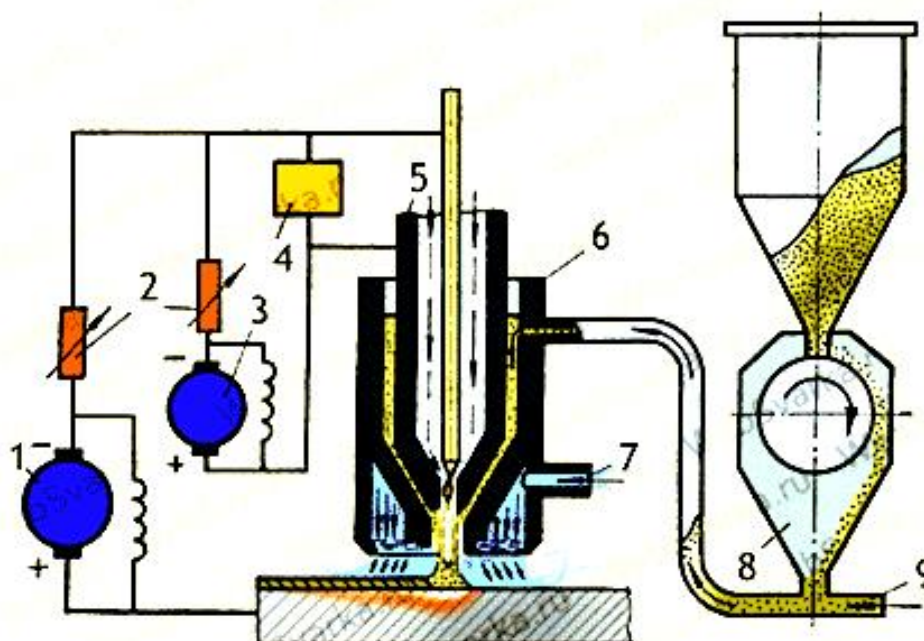


- 1 - порошковый распылитель; 2 – проволочный распылитель;
 3 – порошковый питатель; 4 – бухта проволоки на вращающемся столе;
 5 – ротаметры газовые; 6 – редукторы 7 – фильтр; 8 – ресивер; 9 – воздушный ротаметр;
 10 – компрессор; 11 – газовые баллоны

Рисунок 10 – Схема выполнения газопламенного напыления

На рисунке 12 представлена схема выполнения плазменной наплавки, применение которой при восстановлении деталей машин позволяет получать самую высокую производительность, достигающую 6 кг в час. При плазменной наплавке удаётся получить наплавляемый слой с самой высокой долговечностью. Также следует принимать во внимание, что плазменная наплавка характеризуется самой высокой экономичностью по сравнению с другими рассмотренными способами восстановления деталей машин, так как позволяет использовать порошки меньшей стоимости при получении аналогичного эффекта.

На основании сформулированных ранее преимуществ и недостатков каждого способа следует выполнить экспертную оценку по критериям, сформулированным в работах [15], [17], [18].



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 11 – Схема выполнения плазменной наплавки

В качестве критериев оценки выступают: стоимость оборудования и материалов, производительность процесса, количество дефектов при восстановлении, условия труда, эксплуатационные свойства восстановленного изделия, интегральная экономическая эффективность способа восстановления.

По результатам оценки альтернативных способов восстановления, которые могут применяться для трансмиссионного вала, предложим использовать плазменную наплавку.

2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки

Рассматриваемая в настоящей выпускной квалификационной работе восстанавливаемая деталь обладает значительными габаритами и массой. Диаметр детали составляет несколько метров, масса детали составляет несколько тонн. Исходя из начальных условий следует обеспечить

максимальную производительность наплавки. Для повышения производительности плазменной наплавки для современной промышленности предложено множество эффективных способов.

На рисунке 12 представлена схема плазменной наплавки с введением двух присадочных проволок, которые подключают к дополнительному источнику тока. Наплавку выполняют с применением плазматрона (обозначен на схеме позицией 3), к которому подведён плазмообразующий газ ПГ, водяное охлаждение В и защитный газ ЗГ. Между электродом и деталью (обозначена на схеме позицией 5) горит дуга прямого действия, которая питается от источника постоянного тока (обозначен на схеме позицией 4). В хвостовую часть ванны подают две присадочные проволоки (обозначены на схеме позицией 1). Посредством токоподводов (обозначены на схеме позицией 6) к проволокам подают подогревающий ток от источника переменного тока (обозначен на схеме позицией 2). Подачу проволок обеспечивает механизм подачи (обозначен на схеме позицией 7).

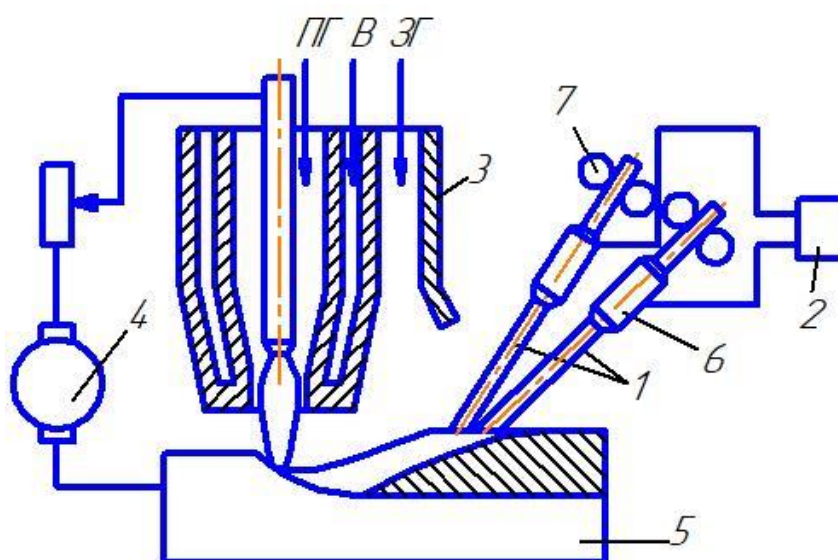


Рисунок 12 - Схема выполнения плазменной наплавки двумя проволоками

На рисунке 13 представлена схема выполнения комбинированной наплавки, который совмещает плазменную наплавку и наплавку проволокой сплошного сечения. Между неплавящимся вольфрамовым электродом (обозначен на схеме позицией 3) и деталью (обозначена на схеме позицией 10) горит сжатая дуга, формируемая соплом (обозначено на схеме позицией

7). Питание сжатой дуги обеспечивают источником с падающей характеристикой (обозначен на схеме позицией 2), который включен последовательно с осциллятором (обозначен на схеме позицией 1). Через сопло 7 дополнительно подают плавящуюся проволоку (обозначена на схеме позицией 4), к которой через токоподвод (обозначен на схеме позицией 5) подают напряжение от источника постоянного тока с жёсткой характеристикой (обозначен на схеме позицией 6). В результате при наплавке горит две дуги: сжатая дуга (обозначена на схеме позицией 8) и наплавочная дуга (обозначена на схеме позицией 9).

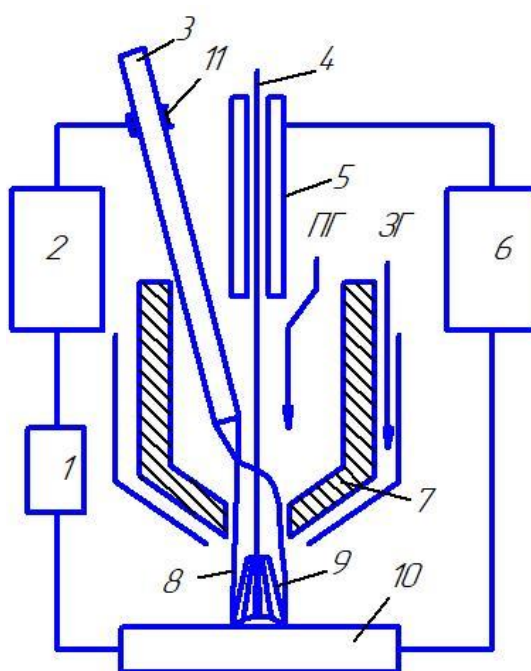


Рисунок 13 – Схема плазменной сварки-наплавки плавящимся электродом

На рисунке 14 представлена схема выполнения способа плазменной наплавки с применением двух автономных проволок. При этом способе применяется два источника постоянного тока. Первый источник тока (обозначен на схеме позицией 1) подключен к вольфрамовому электроду (обозначен на схеме позицией 3) и детали (обозначена на схеме позицией 8). Этот источник тока обеспечивает питание сжатой дуги. Вторым источником тока (обозначен на схеме позицией 2) подключается к неплавящемуся электроду 3 и плавящимся проволокам (обозначены на схеме позицией 5).

Подвод тока к проволокам 5 выполняется через скользящие контакты (обозначены на схеме позицией 7), подача проволок выполняется механизмами подачи (обозначены на схеме позицией 6). В плазматрон (обозначен на схеме позицией 4) подаю плазмообразующий ПГ и защитный ЗГ газы. Такой способ позволяет за один проход наплавить слой толщиной 3...8 мм.

На рисунке 15 представлен предложенный ИЭС им. Е. О. Патона способ порошково-плазменной наплавки, который предлагается к применению в настоящей выпускной квалификационной работе.

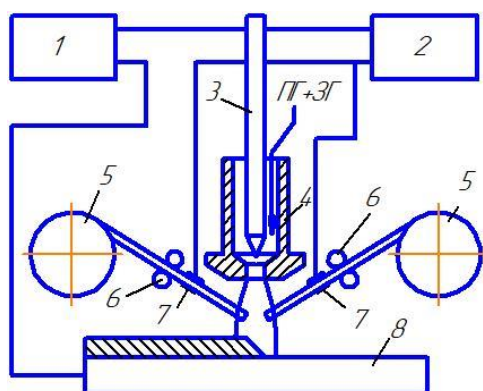
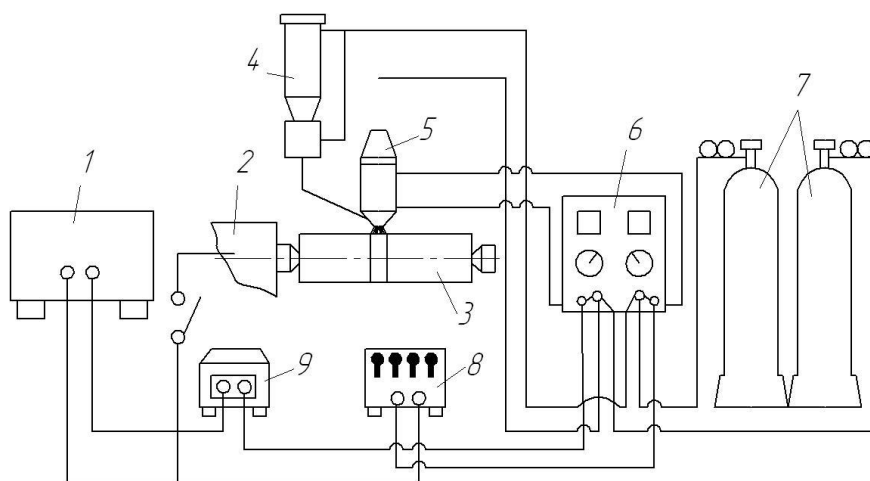


Рисунок 14 – Схема плазменной наплавки двумя присадочными проволоками



- 1 - источник питания; 2 - вращатель; 3 - наплавляемая деталь; 4 - порошковый питатель;
 5 - плазматрон; 6 - пульт управления; 7 - баллоны с газом; 8- балластный реостат;
 9 – дроссель

Рисунок 15 – Схема установки для плазменно-порошковой наплавки

Схема установки включает в себя источник питания плазматрона (обозначен на схеме позицией 1), деталь (обозначена на схеме позицией 3) устанавливается в зажимах станка (обозначен на схеме позицией 2). Подача порошка обеспечивается порошковым питателем (обозначен на схеме позицией 4), сжатая дуга создается плазматроном (обозначен на схеме позицией 5). Управление работой установки происходит от пульта управления (обозначен на схеме позицией 6). Подачу и распределение газа обеспечивает газовая аппаратура (обозначена на схеме позицией 7). В питающую цепь плазматрона включены также балластный реостат и дроссель (обозначены на схеме позицией 8 и позицией 9).

2.3 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки

Проектная технология восстановительной наплавки копрового шкива включает в себя ряд операций, в числе которых следует выделить: обточку жёлоба, подготовку поверхности, наплавку и контроль качества.

Обточку жёлоба выполняют на токарно-фрезерном станке 1563 Ф1, который представлен на рисунке 16. Станок позволяет выполнять обработку деталей массой до 160 тонн при наибольшем диаметре детали 6,3 метра. Мощность электрического привода станка составляет 118 кВт. Станок относится к токарно-карусельным станкам и позволяет выполнять расточку цилиндрических и конических деталей, сверление, зенкование, подрезку торцев и т.д. Высокая степень точности обеспечивается благодаря высокой жесткости конструкции станка.

После обточки проводится дробеструйная очистка поверхности. Для её выполнения применяется установка Rösler RDS 80/70, которая представлена на рисунке 17. На входе и выходе в комплекс очистки установлены автоматические ворота, которые оснащены износостойким покрытием из

резины и металла. Ворота позволяют эффективно противостоять дроби и исключить её проникновение за пределы дробемётной камеры.



Рисунок 16 – Токарно-карусельный станок 1563 Ф1



Рисунок 17 – Дробемётная камера и установка Rösler RDS 80/70

Камера установки имеет длину 300 метров и разделена на три части. Первая часть – входная камера. Третья часть – выходная камера. Центральная часть – камера очистки, которая имеет габариты 10,5 на 8 на 7 метров и позволяет поместить детали со значительными габаритами. Камера имеет значительную ширину, что позволяет выполнять переориентирование внутри неё детали даже самых больших размеров. Выброс дробы происходит с производительностью 2000 кг в минуту при помощи турбин Hurricane H42, которые в количестве восьми штук установлены на потолке и боковой стенке камеры. Для переворачивания деталей служит цеховой кран. Стенки камеры

выполнены из износостойкой марганцевистой стали и имеет дополнительную защиту из съёмных панелей, которые навешиваются на стенки по принципу черепицы. Дополнительно камера оснащена светом и устройством струйной подачи, которая позволяет проводить ручную обработку оператором в труднодоступных местах.

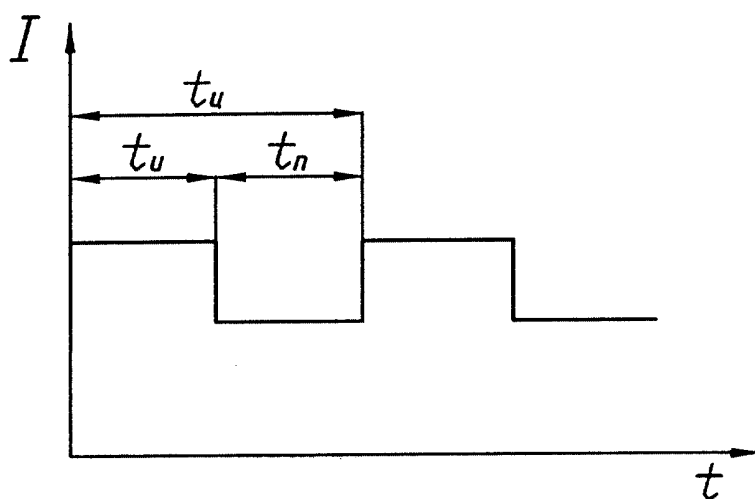
Для наплавки применяется порошок с размером зерна 70...600 мкм. Поскольку наиболее стабильное качество наплавленного слоя обеспечивается при применении порошка с одинаковым размером зерна, то разница в размерах ограничивается 30 мкм. Сила тока наплавки составляет 150...200 А, рабочее напряжение составляет 40...45 В, напряжение холостого хода составляет 120...160 В. Устанавливается расход газа: плазмообразующего - 1,5...2,5 л/мин, защитного – 16...20 л/мин, транспортирующего – 5...7 л/мин. Расход охлаждающей воды составляет не менее 5 л/мин. Наплавку ведут со скоростью 0,15...0,18 м/мин. Для наплавки применяют порошок ПР-Х12МФ, состав которого представлен в таблице 3. Основу порошка составляет железо.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в порошке ПР-Х12МФ

С	Cr	Mo	V	Mn	Ni	S	O
1,5	12	0,5	0,3	0,4	0,4	0,03	0,03

При наплавке применяется импульсное питание сжатой дуги. При готовности всех систем и механизмов оператором подается команда на пуск установки. Через систему распределения газов происходит подача транспортирующего, защитного и плазмообразующего газов. Формирование дежурной дуги происходит за счёт блока питания вспомогательной дуги. Дежурная дуга является дугой косвенного действия и горит между электродом и соплом плазматрона. Эта дуга позволяет с высокой стабильностью зажигать основную дугу, а также выполняет предварительный подогрев основного металла в месте наплавки. Питание основной дуги, которая горит между электродом и изделием, происходит от

блока питания основной дуги. Импульсный ток питания основной дуги показан на рисунке 18 и позволяет обеспечить переменное тепловое и силовое воздействие на сварочную ванну. При нарастании тока наблюдается повышение количества выделяемого тепла и увеличение силового действия на поверхность расплавленного металла. За счёт такого комплексного действия происходит расплав из сварочной ванны вытесняется, что позволяет улучшить перемешивание металла и увеличить ширину наплавленного валика, а также существенно снизить тепловое воздействие на основной металл без риска получения несплавлений. При снижении тока происходит умеренное охлаждение сварочной ванны и возврат в неё вытесненного расплавленного металла. В результате полностью устраняется опасность разбрызгивания наплавленного металла. Наплавленный слой формируется высокого качества.



I — сварочный ток, А; t — время, с; $t_{ц}$ — время осуществления цикла, с;
 $t_{и}$ — время осуществления импульса тока, с; $t_{п}$ — время осуществления паузы тока, с

Рисунок 18 – Циклограмма тока импульсной плазменной дуги

На рисунке 19 показана схема формирования сварочной ванны при предлагаемом способе импульсной плазменной наплавки.

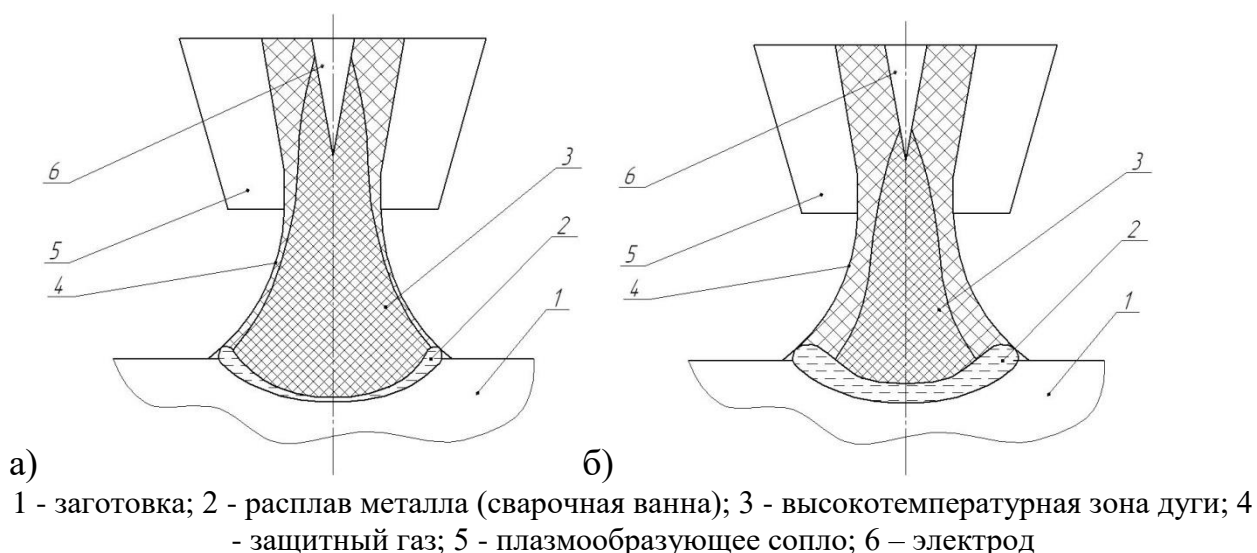
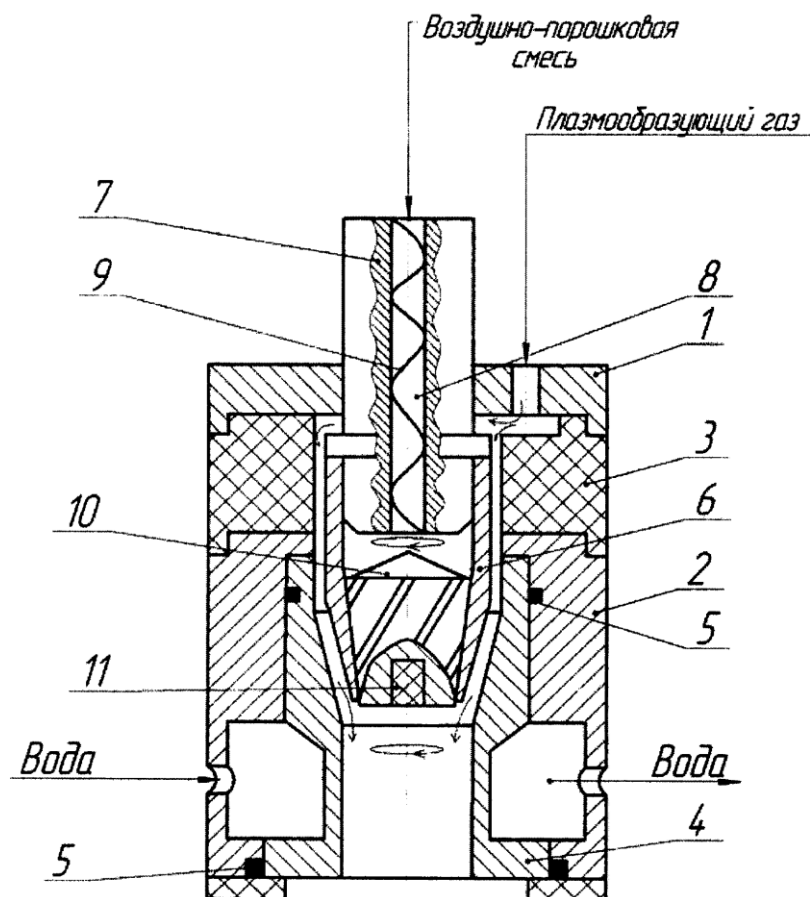


Рисунок 19 – Схема формирования сварочной ванны: а) в период импульса тока; б) в период паузы тока

Для расширения технологических возможностей пламенного нанесения покрытия в проектной технологии предлагается использовать плазматрон, разработанный отечественными инженерами [19]. На рисунке 16 представлена функциональная схема плазматрона, в которую входят катодный и анодный узлы (обозначены на схеме позициями 1 и 2), которые разделены между собой вставкой (обозначена на схеме позицией 3). В анодном узле 2 установлено водоохлаждаемое электропроводящее сопло (обозначено на схеме позицией 4), уплотнение которого выполнено при помощи резиновых колец (обозначены на схеме позицией 5). В катодном узле 1 размещается катод с воздушным охлаждением (обозначен на схеме позицией 6), крепление которого выполнено с применением штуцера-катододержателя (обозначен на схеме позицией 7). В центральный канал (обозначен на схеме позицией 8) вставлен завихритель (обозначен на схеме позицией 9). В дуговом канале сопла 4 установлен дополнительный завихритель (обозначен на схеме позицией 10), который придаёт газопорошковой смеси вращательное движение. На конце дополнительного завихрителя 10 размещена термостойкая вставка (обозначена на схеме позицией 11).



1 – катодный узел, 2 – анодный узел, 3 – изоляционная вставка, 4 – электропроводящее сопло, 5 – резиновые кольца, 6 – воздушно-охлаждаемый катод, 7 – штуцер-катододержатель, 8 – центральный канал, 9 – завихритель, 10 – дополнительный завихритель, 11 – термостойкая вставка

Рисунок 19 – Схема плазматрона

Применение плазматрона предлагаемой конструкции позволяет получить производительность наплавки по порошку 7,64 кг в час. При этом коэффициент полезного действия по порошку составляет 81 %, а по плазменной струе 54 %.

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы решались задачи, повышения эффективности восстановления крупногабаритных деталей машин. В качестве типовой детали рассматривались изношенные шкивы шахтного копра. На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Особенности выполнения проектной технологии восстановительной наплавки представлены в таблице 4.

Первой операцией проектного технологического процесса является обточка, которая выполняется с применением токарно-карусельного станка. Второй операцией проектного технологического процесса является дробеструйная очистка, которая выполняется с применением дробеструйной камеры. Третьей операцией проектного технологического процесса является плазменная наплавка, которая выполняется с применением плазменной установки и вращателя. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является контроль качества, который выполняется с применением измерительного комплекта, твердомера и дефектоскопа.

Таблица 4 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
Обточка	Слесарь-сборщик	- токарно-фрезерный станок	- резцы, - смазывающе-охлаждающая жидкость
Дробеструйная очистка	Слесарь-сборщик	- дробемёт, - дробемётная камера	- дробь, - воздух сжатый
Плазменная наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- установка плазменной наплавки, - пирометр, - фиксатор детали	- аргон, - вода, - наплавочная проволока
Контроль качества	Инженер - дефектоскопист	- лупа, - твердомер	-

Представленные в таблице 4 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При проведении операций технологического процесса, который был разработан в ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, возникают профессиональные и производственные риски, источником которых являются опасные и вредные факторы.

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному, резкому ухудшению здоровья. Вредным производственным фактором

называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. В таблице 5 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

Таблица 5 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование операции в	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
Обточка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
Дробеструйная очистка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
Плазменная наплавка	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации
Контроль качества	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены. Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

Кроме того, при осуществлении технологии возникают психофизиологические факторы: физические перегрузки, нервно-психические перегрузки, перенапряжение зрительного и слухового анализаторов. Эти факторы оказывают вредное действие, снижают внимательность и могут стать причиной повышения травматизма.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков выделено семь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 6.

Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств.

Помимо технических средств и организационных мероприятий обеспечивается индивидуальная защита персонала. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, резиновые коврики.

Таблица 6 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств.

Представленные в таблице 6 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

При выполнении операций предлагаемого проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка
Наименование оборудования	моечная машина, воздушный компрессор, наплавочная установка, дробеструйная камера, электрическая печь
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	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.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и

порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 8 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 8 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

На основании данных таблицы 8 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. На основании анализа исходных данных могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 9 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 9 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	Установка в вентиляционную систему цеха специальных улавливающих фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ
Гидросфера	Обеспечить отсутствие протечек масла из гидравлических систем применяемого оборудования. В случае обнаружения таких протечек своевременно их устранять
Литосфера	Размещение на территории предприятия специализированных емкостей для селективного сбора производственного мусора. Проведение инструктажа работников на предмет соблюдения мероприятий по сбору промышленного мусора и отходов.

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления крупногабаритных деталей машин. В качестве типовой детали рассматривались изношенные шкивы шахтного копра. На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

Первой операцией проектного технологического процесса является обточка, которая выполняется с применением токарно-карусельного станка. Второй операцией проектного технологического процесса является дробеструйная очистка, которая выполняется с применением дробеструйной камеры. Третьей операцией проектного технологического процесса является плазменная наплавка, которая выполняется с применением плазменной установки и вращателя. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является контроль качества, который выполняется с применением измерительного комплекта, твердомера и дефектоскопа.

На основании анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности восстановительной плазменной наплавки предложены оборудование и способ, внедрение которых в производство позволит повысить производительность и качество наплавочных работ.

В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 10 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	250 тыс.	900 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	40	70
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	400	400
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [20], [21]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=1$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $V=7\%$:

$$F_3 = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 15 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 18,2$ часа и $t_{шт.проектн.} = 4 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 4,9$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054 / 18,2 = 112$ деталей для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054 / 4,9 = 419$ деталей для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 100$ деталей в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$. Выполняем расчёт:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{расч} = 18,2 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,81$ для базового варианта технологического процесса; $n_{расч} = 4,9 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,22$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_з = 0,81/1 = 0,81$ для базового варианта технологического процесса и $K_з = 0,22/1 = 0,22$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается коэффициент загрузки оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов N_p по формуле:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=300 \cdot 8 \cdot 1,05 = 2520$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M=90 \cdot 60 \cdot 1,05 + 50 \cdot 30 \cdot 9 \cdot 1,05 = 5670 + 4175 = 9845$ рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d . \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 18,2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 6843,2$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 4,9 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1842,4$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{доп} = 12 \%$:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100 . \quad (9)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{доп} = 6843,2 \cdot 12 / 100 = 821,2$ рублей для операций

базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 1842,4 \cdot 12 / 100 = 221,1$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 6843,2 + 821,2 = 7664,4$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 1842,4 + 221,1 = 2063,5$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 7664,4 \cdot 34 / 100 = 2605,9$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 2063,5 \cdot 34 / 100 = 701,6$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации $H_{\text{а}}$, которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_{\text{а}} = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_{\text{э}}$ и цена оборудования $\text{Ц}_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 18,2 / 2054 / 100 = 143,7$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 900000 \cdot 21,5 \cdot 4,9 / 2054 / 100 = 461,6$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $Ц_{ээ}$:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{ээ} / КПД. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 40 \cdot 18,2 \cdot 3,2 / 0,7 = 3328,0$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 70 \cdot 4,9 \cdot 3,2 / 0,85 = 1291,2$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 143,7 + 3328,0 = 3471,7$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 461,6 + 1291,2 = 1752,8$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тех}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы $ФЗП$, затрат на производственные площади $Z_{пл}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{тех} = M + ФЗП + O_{сн} + Z_{пл} + Z_{об}. \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 2520 + 7660 + 2610 + 3470 + 1640 = 17900$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 1980 + 2060 + 700 + 1750 + 760 = 7250$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}}=17900 + 1,5 \cdot 6843,2 = 17900 + 10260 = 28160$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}=7250 + 1,5 \cdot 1842,4 = 7250 + 2760 = 10010$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 28160 + 1,15 \cdot 6843,2 = 28160 + 7870 = 36030$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 10010 + 1,15 \cdot 1842,4 = 10010 + 2120 = 12130$ рублей.

В таблице 11 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 11 – Расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	2520	1980
2. Фонд заработной платы	ФЗП	7660	2060
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	2610	700
4. Затраты на оборудование	Зоб	3470	1750
5. Затраты на площади	Зпл	1640	760
5. Технологическая себестоимость	Стех	17900	7250
6. Цеховые расходы	Рцех	10260	2760
7. Цеховая себестоимость	Сцех	28160	10010
8. Заводские расходы	Рзав	7870	2120
9. Заводская себестоимость» [21]	Сзав	36030	12130

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 250000 - (250000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 88750$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 88750 \cdot 0,81 = 71888$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{ТЗ}=1,05$, цены оборудования $Ц_{об}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_з$:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп}. \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 900000 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 207900$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{соп}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{дем}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{мон}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{дем} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д}. \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 1 \cdot 250000 \cdot 0,05 = 12500$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{мон} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 900000 \cdot 0,05 = 45000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 12500 + 45000 = 57500$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 207900 + 57500 = 265400$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ пр}} - K_{\text{общ б}} \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 265400 - 71888 = 311888$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_T :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_T \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 71888/100 = 718$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 265400/100 = 2654$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}} \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (18,2 - 4,9) \cdot 100 \% / 18,2 = 73 \%$.

Повышение производительности Π_T рассчитывается как

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 73 / (100 - 73) = 270 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается как

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (17900 - 7250) \cdot 100\% / 17900 = 59 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{\text{ож}}$ рассчитывается как

$$P_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot P_T \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{ож}} = (36030 - 12130) \cdot 100 = 2390000$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{\text{ок}}$ составляет:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{\text{ок}} = 311888 / 239000 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта \mathcal{E}_T рассчитывается как

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_H \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_T = 2390000 - 0,33 \cdot 311888 = 2287077$ руб.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 270 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 59 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,3 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Вышеизложенное позволяет судить о высокой эффективности настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки обода копрового шкива.

При анализе свойств материала для изготовления рассматриваемого изделия указаны трудности, возникающие при его сварке и наплавке. К таким трудностям следует отнести образование горячих и холодных трещин.

Базовая технология восстановительной наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами. При анализе операций базового технологического процесса восстановительной наплавки с применением ручной дуговой наплавки сформулированы недостатки. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой наплавки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода наплавочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества наплавки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

На основании предварительного анализа источников научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки деталей машин для последующего детального анализа были выбраны следующие способы: ручная дуговая наплавка, механизированная наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения, лазерная наплавка, плазменная наплавка, наплавка порошковой проволокой, газопламенная наплавка.

На основании анализа исходных данных и известных решений для восстановления рассматриваемой детали принято решение использовать плазменную наплавку.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 270 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 59 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,3 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют восстановление изношенных крупногабаритных деталей машин.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Денищенко О. В. Шахтні канатні дороги: Монографія. Донецк : Національний гірничий університет, 2011. 160 с. (Російською мовою)
2. Сорокин В. Г. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
3. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.
4. Кузнецов В. Д., Пашенко В. Н., Маковой В. А. Износостойкость углеродистых и аустенитных композиций при трении металла по металлу // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2010. № 2. С. 147–151.
5. Рябцев И. А., Переплётчиков Е. Ф., Миц И. В. Влияние исходной структуры и гранулометрического состава порошка на структуру металла 10P6M5, наплавленного плазменно-порошковым способом // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 23–27.
6. Лебедев В. А., Лендел И. В., Яровицын А. В. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматическая сварка. 2016. № 3. С. 25–30.
7. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
8. Бабинец А. А. Свойства высоколегированного металла, наплавленного электрошлаковым способом двумя лентами // Автоматическая сварка. 2016. № 4. С. 42-46.

9. Матвеев В. В. Экономическая эффективность восстановления профиля железнодорожных колёс // Автоматическая сварка. 2006. № 4. С. 44–47.

10. Бабинец А. А., Рябцев И. А., Панфилов А. И. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла // Автоматическая сварка. 2016. № 11. С. 20–25.

11. Голякевич А. А., Орлов Л. Н., Малинов Л. С. Опыт применения электродуговой наплавки порошковой проволокой на предприятиях Украины // Автоматическая сварка. 2016. № 9. С. 37–41.

12. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

13. Иванов В. П., Сергиенко Ю. В., Сорочан Е. Н. Повышение работоспособности наплавленных крановых колёс // Наука та виробництво. 2017. № 17. С. 49–53.

14. Данилов П. А. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей на основе обоснованного выбора технологических методов восстановления их эксплуатационных свойств : дис. ... канд. техн. наук. М. : Московский гос. техн. университет «СТАНКИН». 2010.

15. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.

16. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.

17. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.

18. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. № 1. С. 9–17.

19. Патент № 190126 РФ, МПК H05H 1/42. Плазматрон для напыления / Павлов А. А. Заявл. 08.04.2019. Оpubл. 20.06.2019, Бюл. № 17. 9 с.

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

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