

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 и оборудование для восстановления
вала привода лебёдки грузового лифта

Студент

А.И. Антонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Г.М. Короткова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Повышение долговечности ремонтируемых деталей и снижение стоимости самого ремонта является актуальными задачами, которые необходимо решить в современном сварочном производстве. Как показал многолетний опыт различных предприятий, значительное сокращение затрат и снижение простоев оборудования достигается при внедрении перспективных методов восстановления изношенных деталей. При этом получаемый экономический эффект по сравнению с приобретением новой детали может достигать значительной части от её рыночной стоимости

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления вала привода лебёдки грузового лифта.

Были назначены параметры режима восстановительной наплавки и выбраны материалы для выполнения восстановительной наплавки.

Для повышения технологических свойств наплавки в защитном газе предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

Предложена проектная технология восстановительной наплавки.

Анализ проектного технологического процесса восстановительной наплавки позволил идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, для устранения которых предложен ряд стандартных средств и методик.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние вопроса восстановления деталей машин типа валов	7
1.1 Описание детали и возникающих дефектов.	7
1.2 Сведения о материале вала	10
1.3 Описание базового процесса восстановления вала.	13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 Проектная технология восстановительной наплавки вала	17
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	17
2.2 Выбор электродной проволоки.	25
2.3 Выбор защитного газа	28
2.4 Требования к наплавочным материалам	28
2.5 Расчёт параметров режима при выполнении восстановительной наплавки.	29
2.6 Описание приспособлений для выполнения восстановительной наплавки.	32
2.5 Повышение эффективности восстановительной наплавки.	36
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	40
3.1 Технологическая характеристика объекта	40
3.2 Идентификация профессиональных рисков	41
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	43
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	45
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	47
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	50
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	50
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	52

4.3 Расчет штучного времени	53
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	54
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	59
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	61
Заключение	64
Список используемой литературы и используемых источников.	66

Введение

Повышение долговечности ремонтируемых деталей и снижение стоимости самого ремонта является актуальными задачами, которые необходимо решить в современном сварочном производстве. Как показал многолетний опыт различных предприятий, значительное сокращение затрат и снижение простоев оборудования достигается при внедрении перспективных методов восстановления изношенных деталей. При этом получаемый экономический эффект по сравнению с приобретением новой детали может достигать значительной части от её рыночной стоимости [8], [19].

Повышение эффективности ремонта позволяет не только уменьшить простой оборудования за счёт увеличения межремонтного срока службы, но и снизить затраты на проведение самого ремонта, уменьшив стоимость материалов и повысив производительность восстановления деталей машин [3], [9], [14].

Капитальный ремонт техники предусматривает проведение полной разборки механизма, ремонт подлежащих восстановлению деталей, сборку и проведение испытательного пуска. При этом необходимо обеспечить высокую надёжность работы оборудования после капитального ремонта, для чего следует поддерживать на предприятии высокий уровень ремонтных технологий, который соответствовать мировому уровню. Следует внедрять новые перспективные способы восстановления деталей машин, автоматизировать и механизировать операции технологического процесса.

В настоящий момент на ремонтных предприятиях освоено большое число ремонтных технологий, которые позволяют оперативно провести восстановление деталей машин и обеспечить их высокую долговечность. В частности, при хромировании хромирования существенно повышается износостойкость деталей по сравнению с новыми покупными деталями. Это позволяет многократно увеличить срок службы деталей машин и значительно

экономить материалы при их производстве, что не только положительно сказывается на экономических показателях предприятия, но и помогает сохранению природных ресурсов.

Применительно к сложным и дорогостоящим деталям, к которым относят массивные валы лебёдок лифтов, технологии восстановления могут применяться неоднократно, что в несколько раз увеличивает срок их службы. Вал лебедки грузового лифта является высоконагруженной деталью, работа которой проходит в тяжёлых условиях. В значительной мере именно износ вала лимитирует продолжительность работы всего подъёмного агрегата. В процессе эксплуатации, под действием сил трения и продолжительных временных рабочих циклов, посадочные места валов изнашиваются особенно интенсивно. Циклические режимы нагружения, перепады давления и динамические нагрузки, вызванные остаточным дисбалансом, вызывают в соединениях с натягом большие контактные деформации, приводят к появлению осциллирующих возвратно-вращательных перемещений деталей и, как следствие, возникает фреттинг-коррозия.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления вала привода лебёдки грузового лифта.

Поставленная цель будет достигнута за счёт применения современных и перспективных технологий восстановления деталей машин.

Объектом исследования является технологический процесс восстановления деталей машин типа валов.

Предметом исследования являются современные средства повышения производительности восстановления и эксплуатационных свойств восстановленных деталей машин.

1 Современное состояние вопроса восстановления деталей машин типа валов

1.1 Описание детали и возникающих дефектов

Основным элементом лебёдки грузового лифта является червячный редуктор, в котором происходит согласованная работа валов и насаженных шестерён. Одним из валов, длительная эксплуатация которых приводит к износу, является промежуточный вал, который служит для крепления водила и червячного колеса. Внешний вид промежуточного вала представлен на рисунке 1.

В процессе эксплуатации вала в нём возникают различные дефекты, среди которых следует отметить:

- износ шпоночного паза,
- изгиб вала,
- несоосность валов,
- разрушение шлицев,
- прокручивание вала в посадочных местах под подшипники,
- появление заусенцев на поверхности вала,
- износ опорных шеек,
- износ резьбовых участков,
- появление трещин в валу,
- скручивание вала.

При восстановлении изношенного вала необходимо обеспечить соблюдение геометрических размеров и шероховатости поверхностей в соответствии с требованиями чертежи для новой детали. Также необходимо обеспечить сохранение формы и эксплуатационных свойств вала. Восстановленный вал должен соответствовать требованиям по соосности поверхностей, отсутствию биения, боковые поверхности шпоночных пазов и шлицев должны быть параллельны оси вала.

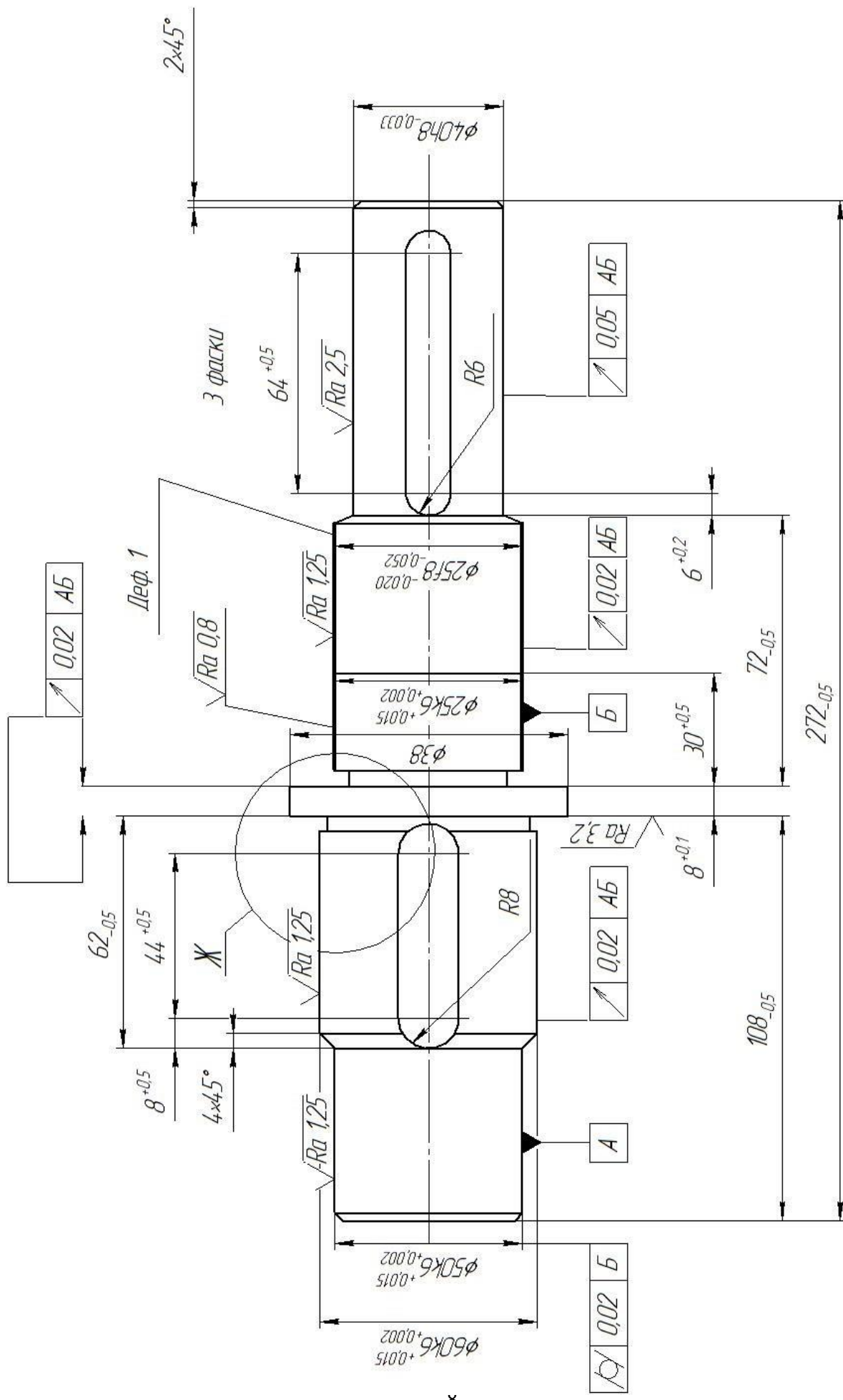


Рисунок 1 – Вал механизма подъема лифта

При дефектации валы разделяют на три группы. «К первой группе относят годные детали, износ которых лежит в допустимом диапазоне, эти детали передают на склад готовой продукции. Ко второй группе относят ремонтпригодные детали, износ и повреждения на которых могут быть устранены имеющимися на предприятии техническими средствами, эти валы отправляют на склад для выполнения ремонта» [1]. К третьей группе относят забракованные детали, восстановление которых невозможно имеющимися на предприятии технологическими средствами, эти детали отправляются на утилизацию.

В качестве задач дефектации следует отметить [1]:

- получение информации о состоянии каждой детали и прогнозирование возможности её дальнейшей эксплуатации;
- разделение деталей на три группы согласно представленным выше критериям;
- получение информации о частоте и параметрах возникновения дефектов, что позволяет повысить эффективность восстановления деталей машин и учесть при дальнейшей эксплуатации.

В значительной степени правильно проведённая дефектация определяет дальнейшую эксплуатацию восстановленной детали. Сначала проводят внешний осмотр вала невооруженным глазом и с использованием различных оптических приборов. Также проводят простукивание и ощупывание, которые должны помочь выявить внешне проявившие себя повреждения, к которым относят риски, коррозию, забоины, трещины, пробоины, ослабление плотности посадки, вмятины и прочее.

После проведения визуального контроля проводят измерительный контроль с использованием измерительного инструмента, что позволяет оценить степень геометрического износа вала.

Далее проводят неразрушающий контроль с целью выявления скрытых дефектов.

Дефектацию следует проводить в хорошо освещённом проветриваемом помещении, температура воздуха в котором составляет 18...20 °С. Применяемый измерительный инструмент должен находиться в исправном состоянии и иметь сертификаты поверки метрологической службой.

По результатам дефектации проводят маркировку валов с использованием цветовой индикации. Зелёным цветом помечают валы, которые могут быть использованы для дальнейшей эксплуатации без проведения ремонтных работ. Эти валы сразу поступают на сборку агрегатов. Желтым цветом помечают валы, которые следует восстанавливать по имеющимся на предприятии технологиям. Красным цветом помечают валы, которые восстановить не получится или нецелесообразно. Эти валы подлежат утилизации.

Карты дефектации содержат технические условия на проведение дефектации и содержат следующую информацию:

- общие сведения о детали,
- перечисление дефектов, которые могут быть обнаружены при дефектации,
- применяемые способы обнаружения дефектов,
- параметры дефектов, которые можно допустить без проведения ремонта,
- применяемые способы исправления дефектов.

1.2 Сведения о материале вала

Рассматриваемые валы изготовлены из стали 45Х, которая является конструкционной легированной сталью. Содержание химических элементов в стали 45Х представлено в таблице 1, а механические свойства – в таблице 2.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 45X [20], [24]

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu» [24]
0,41 – 0,49	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8 – 1,1	до 0,3

Таблица 2 – Механические свойства стали 45X

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Прутки, ГОСТ 4543-71	1030	835	9	45	490	Закалка 840°С, масло, Отпуск 520°С, вода,

В стали 45X содержание углерода выше, чем в низкоуглеродистых сталях, что обуславливает трудности при его сварке и наплавке.

Первой трудностью является образование холодных трещин в околошовной зоне.

Второй трудностью является возникновение горячих трещин в наплавленном металле.

Третьей трудностью является разупрочнение наплавленного металла и околошовной зоны по сравнению с основным металлом восстанавливаемой детали.

Холодные трещины, представленные на рисунке 2, образуются при локальном или транскристаллическом разрушении металла. Поскольку образование холодных трещин происходит после того, как сварное соединение остыло ниже 200 °С, их поверхность не содержит следов высокотемпературного окисления и имеет блестящий излом. Образование холодных трещин начинается сразу после охлаждения сварного соединения и продолжается в течение нескольких дней после сварки или восстановительной наплавки. При этом трещины распространяются как в толщину основного металла, так и вдоль сварного шва. Траектория холодной трещины имеет характерные изломы, так как она распространяется нелинейно. Таким образом, внешними признаками холодной трещины является ломанная траектория и блестящая поверхность излома без следов окисления металла.



Рисунок 2 – Образование холодных трещин в металле сварного шва

Причиной образования горячих трещин, которые представлены на рисунке 3, является пониженная деформационная способность перегретого металла сварного соединения. В момент кристаллизации металла сварочной ванны происходит уменьшение его объёма и образование растягивающих напряжений. Поскольку перегретый металл не обладает достаточной деформационной способностью, в нём под действием растягивающих напряжений образуются трещины.

Вероятность образования горячих трещин при сварке увеличивается, если не проводить термическую обработку сразу после сварки. Также на склонность к образованию горячих трещин отрицательно влияют концентраторы напряжений и высокая скорость сварки.

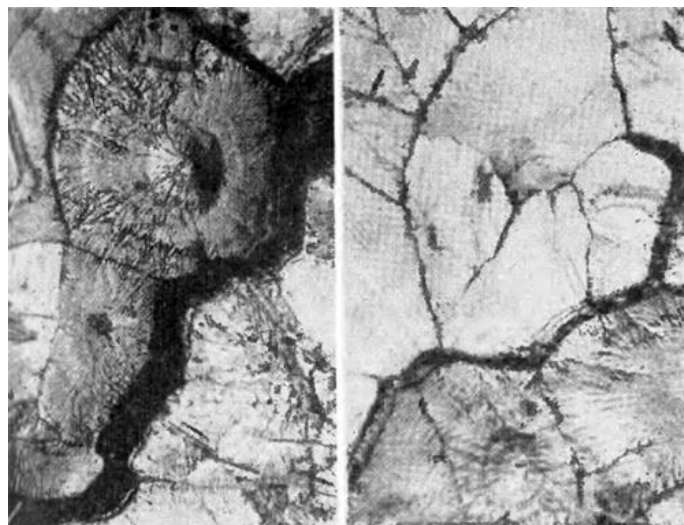


Рисунок 3 – Горячие трещины при сварке и наплавке

Наблюдаемое разупрочнение металла сварного шва и околошовной зоны при сварке происходит по причине неполной перекристаллизации и высокого температурного отпуска. Негативный эффект от разупрочнения проявляется при длительной эксплуатации сварной конструкции, он проявляется в образовании усталостных трещин и снижении длительной прочности металла.

Склонность металла к разупрочнению при сварке и наплавке зависит от термического цикла металла при сварке, а также от правильности выполнения термической обработки после сварки. При увеличении погонной энергии сварки наблюдается усиление эффекта разупрочнения металла сварного шва и околошовной зоны. Образующаяся при этом мягкая прослойка способствует возникновению локальных разрушений конструкции, что происходит при длительной эксплуатации и особенно проявляется при изгибающих нагрузках.

1.3 Описание базового процесса восстановления вала

При восстановлении валов в соответствии с базовой технологией применяется ручная дуговая наплавка штучными электродами.

Перед выполнением наплавочных работ следует провести подготовку поверхности восстанавливаемой детали. Для этого выполняют очистку от загрязнений, жира и ржавчины. В противном случае наплавленный металл будет обладать пористостью. При обнаружении поверхностных дефектов их также следует устранить с применением механических методов. Если восстанавливаемая поверхность имеет неравномерную выборку по высоте, её следует выровнять на токарном станке. Поверхность, которая подготавливается под наплавку, следует зачистить ширину 10 мм в обе стороны, удаляя заусенцы и загрязнения. После подготовки поверхности осуществляют транспортирование деталей на пост наплавки.

Для предварительного нагрева вала применяется нагрев газовым пламенем, при этом температура поверхности контролируется в двух противоположных точках при помощи контактного термометра. Температура нагрева составляет 200...300 °С.

Восстановительную наплавку проводим с применением в качестве источника питания сварочной дуги аппарата ВД-301, который представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Сварочный выпрямитель ВД-301

При сварке следует избегать перегрева наплавленного слоя. Для этого наплавку ведут отдельными валиками, обеспечивая полное охлаждение ранее наплавленного валика. При проведении восстановительной наплавки следует выполнять наложение валиков по образующим, как показано на рисунке 5.

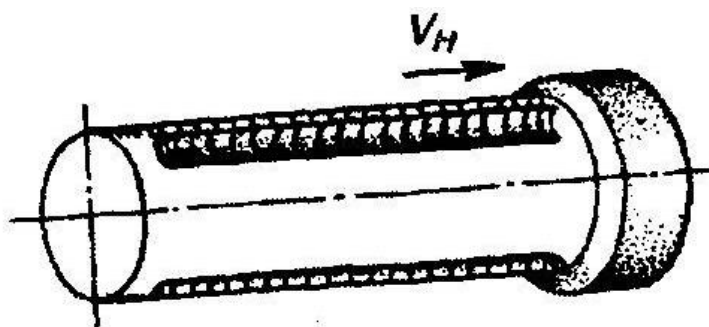


Рисунок 5 – Наплавка по образующей

При наплавке во избежание выгорания легирующих элементов следует поддерживать минимальную длину дуги, которая составляет 0,5...1,1 диаметра электрода.

При наплавке применяются следующие параметры режима: ток наплавки – 170...200 А, напряжение на дуге – 18...24 В, диаметр электрода – 4 мм.

При наплавке применяются электроды ОЗН-3, содержание химических элементов в наплавленном металле приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в наплавленном металле при использовании электродов ОЗН-300

Углерод	Кремний	Марганец	Сера	Фосфор
			не более	
0,09...0,14	до 0,15	3,6-4,5	0,030	0,040

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Во-первых, ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов.

Во-вторых, недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла.

В-третьих, следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. Четвёртым недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановления вала привода лебёдки грузового лифта.

Анализ свойств материала детали показал трудности, сопровождающие его сварку и наплавку:

- образование холодных трещин в околошовной зоне,
- образование горячих трещин в наплавленном металле,
- разупрочнение наплавленного металла и околошовной зоны по сравнению с основным металлом восстанавливаемой детали.

Выявленные недостатки базовой технологии (малая производительность восстановительной наплавки, низкая стабильность качества наплавленного слоя, вредные условия труда сварки) заставляют выполнять поиск более эффективных способов восстановления изделия.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи на выполнение выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали,
- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали,
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

В ходе выполнения оценочного блока следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности и экономического эффекта при внедрении в производство.

2. Проектная технология восстановительной наплавки вала

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

При ручной дуговой наплавке штучными электродами, схема выполнения которой приведена на рисунке 6, вдоль наплавляемого валика располагают электрод и присадку. Наплавку выполняют слева направо, что делается для того, чтобы расплавленный металл не попадал на непрогретый основной металл восстанавливаемой детали, а шлак не попадал под наплавленный слой. Присадка представляет стальную полоску из легированной стали, толщина полосы составляет 1,5...1,7 мм. Полосу штампуют в виде корытца, которое заполняют пастой из ферромарганца.

Для ручной дуговой наплавки применяют источники питания сварочной дуги, которые используются при ручной дуговой сварке. В основном наплавку ведут в нижнем положении, при этом толщина наплавляемого слоя составляет 3...10 мм.



Рисунок 6 – Схема ручной дуговой наплавки штучным электродом

Широкое применение ручной дуговой наплавки объясняется присущими её положительными свойствами: относительная дешевизна и простота сварочного оборудования, возможность проведения сварки с

использованием уже имеющегося на предприятии оборудования, построение технологического процесса с применением ручной дуговой сварки не требует глубоких профессиональных знаний.

В настоящее время применение ручных способов сварки и наплавки уменьшается в пользу механизированных и автоматических способов. Это обусловлено её недостатками, влияние которых следует учитывать в современном производстве [1], [3], [14]:

- увеличенные потери сварочного материала на угар, разбрызгивание и образование огарков;
- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
- недостаточная стабильность качества сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов.

При дуговой наплавке под флюсом, схема проведения которой показана на рисунке 7, возможно применение проволок сплошного сечения и порошковых проволок.

Можно отметить преимущества наплавки под слоем флюса.

Первым преимуществом является широкие возможности для изменения состава наплавленного металла, так как возможно легирование как через проволоку, так и через флюс;

Вторым преимуществом является высокая стабильность качества сварных соединений, которая сохраняется при сварке на открытом воздухе;

Третьим преимуществом является отсутствие потерь электродного металла на разбрызгивание и угар;

Четвёртым преимуществом является высокая производительность процесса и хорошие условия труда сварщика, так как отсутствует негативное влияние излучения дуги.

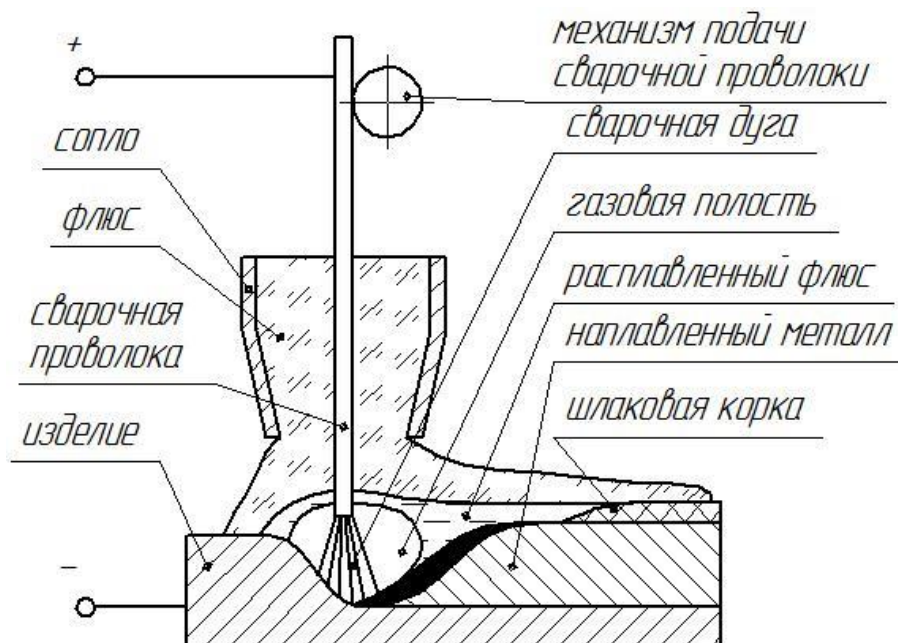


Рисунок 7 – Схема выполнения наплавки под слоем флюса

Сварка под флюсом характеризуется рядом недостатков.

Первым недостатком является необходимость удержания сварочного флюса на изделии, что ограничивает применение этого способа сварки в случае положения, отличных от нижнего;

Вторым недостатком является сложность сварочного оборудования, которое значительно сложнее, чем для ручной дуговой сварки;

Третьим недостатком является высокая текучесть шлака в расплавленном состоянии, что может стать причиной образования пор и шлаковых включений;

Четвёртым недостатком является опасность вытекания расплавленного металла через зазор, что заставляет повышать требования к подготовке кромок и сборке.

Следует признать, что наплавка под флюсом является одним из самых технологичных и производительных способов, позволяющим получать наплавленный слой с высоким качеством. Однако следует отметить необходимость применения специализированного оборудования, которого может не оказаться на предприятии. Поэтому для организации восстановительных работ потребуются значительные финансовые затраты. Кроме того, увеличенный ток при наплавке под флюсом приводит к увеличению глубины проплавления восстанавливаемой детали, что в ряде случаев может оказаться нежелательным.

«Механизированная наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 8, получила значительное распространение при восстановлении деталей машин в Российской Федерации и мире» [17].

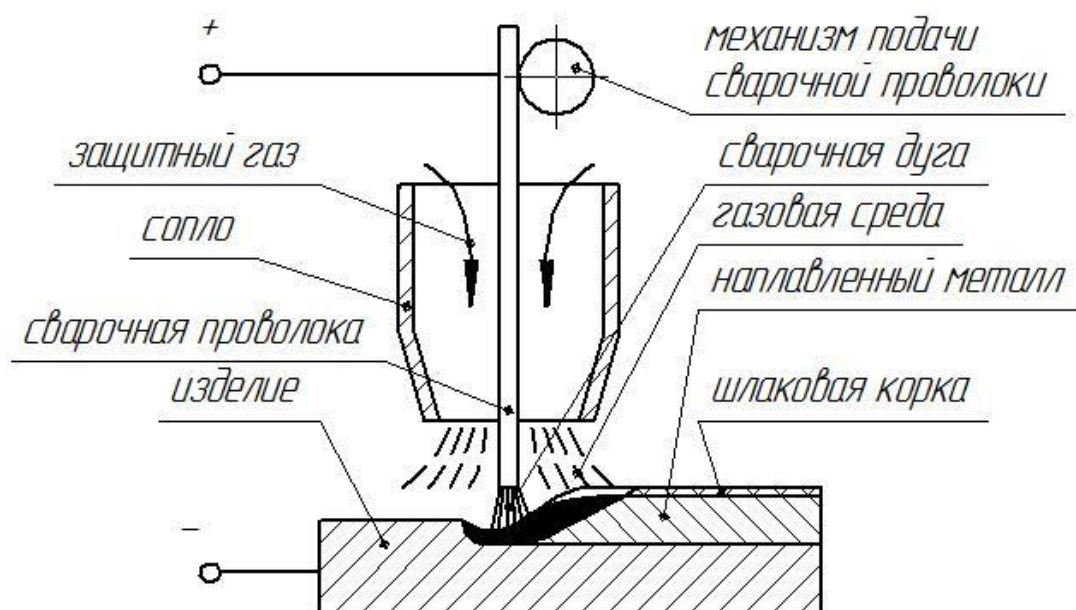


Рисунок 8 – Схема механизированной наплавки в защитных газах

Применение этого способа целесообразно в случае, когда провести удаление шлаковой корки невозможно или затруднительно. Этот способ наплавки может быть применён с использованием серийно выпускающегося оборудования для механизированной сварки в защитных газах. Низкая текучесть расплавленного металла при использовании углекислого газа

позволяет выполнять наплавку в различных положениях, наплавлять глубокие отверстия, внутренние поверхности, детали сложной формы, валы и т.д. Кроме того, отсутствие флюса, как при автоматической наплавке под флюсом, и гари, как при ручной дуговой сварке, значительно упрощает наблюдение за горением дуги и процессом наплавки.

Наплавку в среде углекислого газа ведут постоянным током обратной полярности. В зависимости от основного металла восстанавливаемой детали проводят выбор сварочной проволоки, на который также оказывают влияние требования к составу и свойствам наплавленного металла.

Выбор скорости подачи проволоки осуществляют в зависимости от величины тока наплавки таким образом, чтобы обеспечить отсутствие обрывов дуги и коротких замыкания. При наплавке соблюдают шаг между наплавляемыми валиками 2,5...3,5 мм, при этом следует обеспечить перекрытие валиков на $1/3$ их толщины.

Следует отметить преимущества наплавки проволокой сплошного сечения в защитных газах [8], [16], [22].

Первым преимуществом является то, что в процессе наплавки не образуется шлаковая корка, что положительно сказывается на качестве наплавленного металла и производительности наплавки.

Вторым преимуществом следует отметить производительность, которая выше, чем у ручной дуговой наплавки.

В качестве третьего преимущества следует отметить, что несмотря на то, что оборудование для механизированной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения несколько сложнее, чем для ручной дуговой наплавки, оно намного проще, чем для наплавки неплавящимся электродом и под флюсом, кроме того, сплошная проволока не заламывается, как это деталей порошковая проволока.

Четвертым преимуществом является то, что расплавленный металл обладает повышенной по сравнению с ручной дуговой наплавкой и

наплавкой порошковой проволокой вязкостью, что позволяет выполнять наплавку в различных пространственных положениях.

Особенности механизированной и автоматической наплавки проволоками сплошного сечения в защитных газах обуславливают не только преимущества, но и существенные недостатки этого способа восстановления деталей машин.

Первым недостатком является наличие газовых баллонов и механизма подачи проволоки, что несколько усложняет способ сварки и снижает его мобильность по сравнению с ручной дуговой наплавкой.

Вторым недостатком является повышенное разбрызгивание электродного металла, которое ограничивает ток наплавки и не позволяет повысить производительность наплавочных работ за счёт перехода на форсированные режимы.

Третьим недостатком является пониженная пластичность расплавленного металла, из-за чего повышается вероятность получения трещин в наплавленном слое.

Наплавка порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 9, широко применяется при восстановлении деталей машин [8], [18], [21], [22]. За счёт изменения состава шихты проволоки существует возможность изменять состав наплавленного металла в широких пределах. При этом существенно увеличивается межремонтная стойкость деталей машин и снижается себестоимость их восстановления.

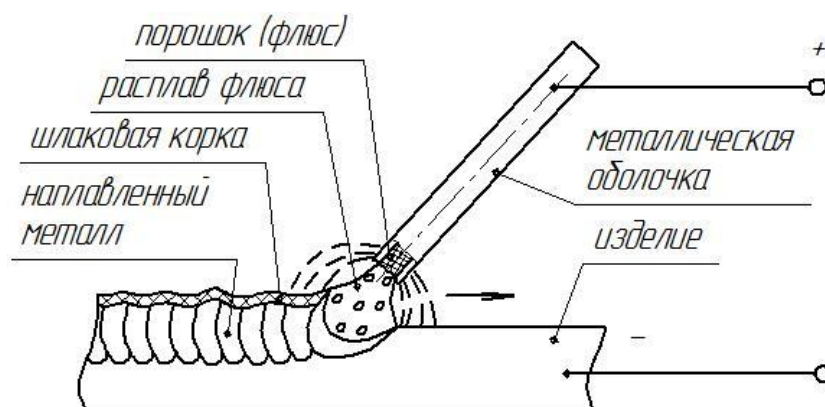


Рисунок 9 – Схема выполнения наплавки порошковой проволокой

Защита сварочной ванны и перегретого металла при наплавке порошковыми проволоками обеспечивается введением в состав шихты мрамора, кальцинированной соды, магнезита и других карбонатов [25], [26].

В настоящий момент серийно выпускается большое число порошковых проволок для наплавки, которые обеспечивают качественную наплавку при восстановлении деталей машин.

Основным недостатком наплавки порошковой проволокой является неравномерность плавления сердечника и оболочки проволоки. Это происходит по причине низкой электропроводности сердечника, в результате чего его плавление отстаёт от плавления оболочки проволоки. В результате нерасплавившиеся компоненты сердечника могут попадать в сварочную ванну и вызывать образование дефектов наплавки.

Кроме того, высока текучесть шлака при наплавке порошковой проволокой тоже может представлять проблему, так как возможно образование пор и шлаковых включений.

При плазменной наплавке, схема выполнения которой приведена на рисунке 10, нагрев основного и присадочного металла осуществляется сжатой дугой. В качестве присадки могут быть использованы порошки, проволока или прутки. Плазменная наплавка является относительно новым и перспективным способом восстановления деталей машин, который позволяет обеспечить минимальную глубину проплавления основного металла и требуемые свойства наплавленного металла [6], [13]. Для расплавления присадочного материала применяются тепловые и динамические свойства сжатой дуги.

Для получения сжатой дуги используются плазматроны (специальные плазменные горелки). В качестве защитного газа при плазменной наплавке применяют аргон, углекислый газ, азот, газовые смеси (аргон + гелий, аргон + азот и т.д.). В качестве плазмообразующего газа в основном нашли применение аргон, гелий и углекислый газ.

Следует отметить преимущества плазменной наплавки.

Первым преимуществом является получение при плазменной наплавке наплавленного слоя с заданными химическим составом и свойствами, что обеспечивается возможностью подачи в зону плазменной струи различных присадочных материалов.

Вторым преимуществом является малое тепловое воздействие на основной металл восстанавливаемой детали

Третьим преимуществом является возможность полной автоматизации процесса восстановления детали, что положительно сказывается на экономических показателях и производительности способа.

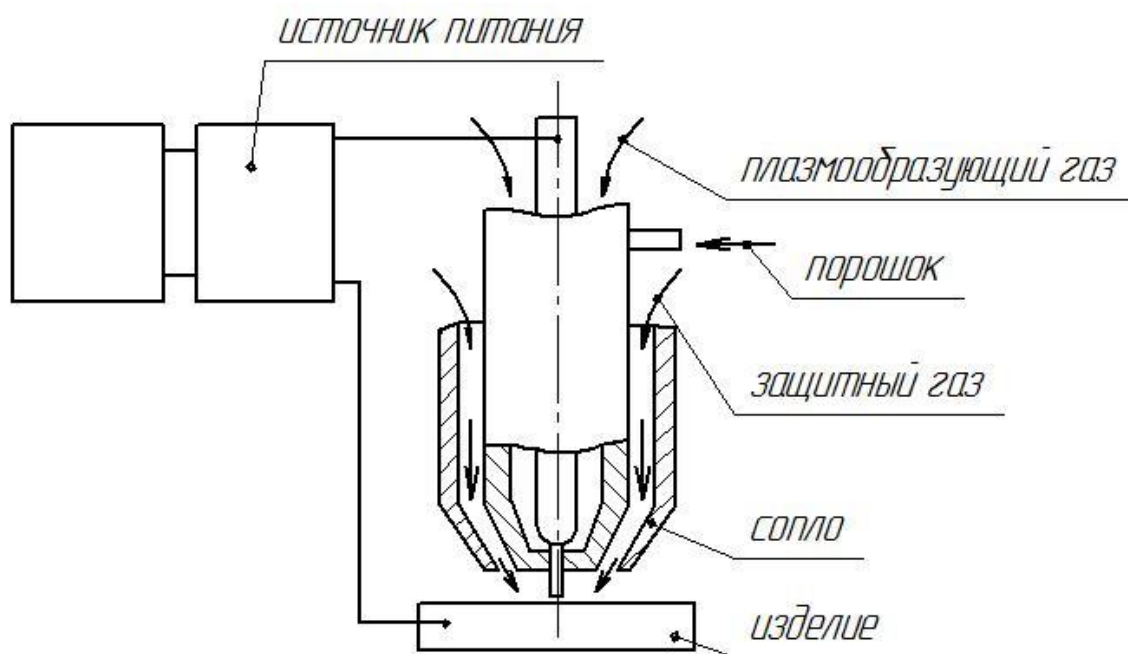


Рисунок 10 – Схема выполнения плазменной наплавки

В качестве недостатков плазменной наплавки, которые ограничивают её внедрение, следует отметить:

- возникающие при плазменной наплавки растягивающие напряжения,
- неоднородность структуры наплавленного слоя.

Кроме того, следует признать, что в настоящее время отечественная промышленность не выпускает достойного оборудования для плазменной

наплавки, а стоимость импортных образцов может оказаться критически высокой для российских предприятий.

Таким образом, построение технологического процесса восстановления вала возможно на основании применения различных способов наплавки. В числе альтернативных способов рассмотрены:

- ручная дуговая наплавка,
- наплавка под флюсом,
- наплавка проволокой сплошного сечения в защитных газах,
- наплавка самозащитной порошковой проволокой,
- плазменная наплавка.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого из рассмотренных способов восстановительной наплавки следует сделать вывод, что построение проектной технологии следует вести с применением наплавки в защитных газах. Этот способ позволяет получить высокую производительность наплавки и качество наплавляемого слоя.

В числе недостатков способа, которые предполагается устранить в ходе настоящей выпускной квалификационной работы, следует отметить разбрызгивание электродного металла и склонность к трещинообразованию в наплавленном слое.

Следует отметить, что потенциал повышения производительности наплавки в защитных газах может быть в полной мере реализован, если будет устранена проблема разбрызгивания электродного металла.

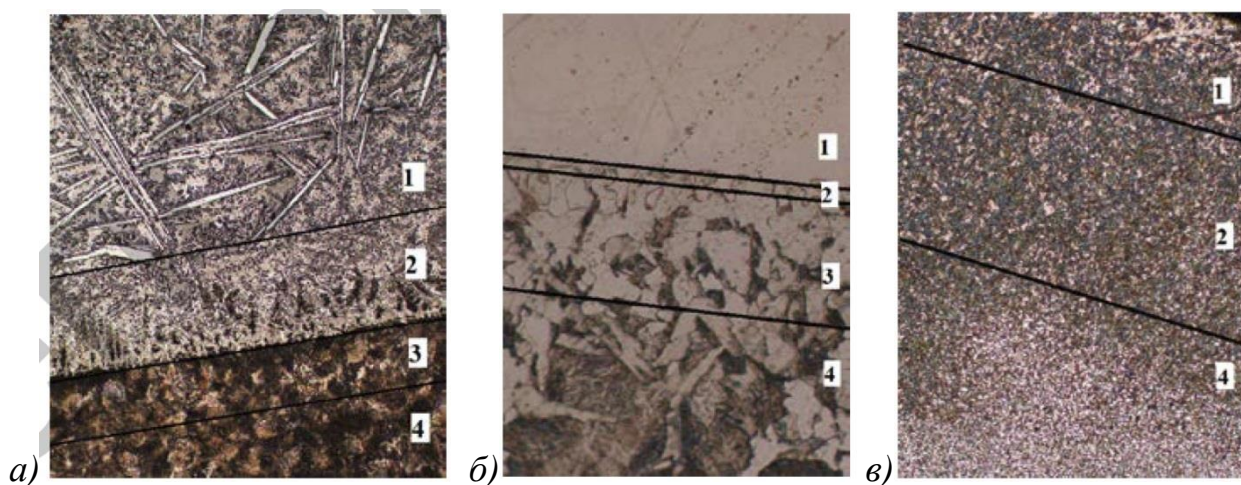
2.2 Выбор электродной проволоки

В числе задач восстановительной наплавки следует особо отметить повышение эксплуатационных свойств деталей машин. На это оказывает влияние не только выбор способа и параметров режима восстановительной наплавки, но и правильный выбор присадочного материала. При наплавке в защитных газах присадочным материалом является электродная проволока,

химический состав которой оказывает существенное влияние на свойства восстанавливаемых деталей.

При использовании электродной проволоки Св-08Х13 наплавленный слой представляет ферритно-мартенситную структуру, в которой имеются мелкодисперсные включения карбидов. Следует отметить, что проволока имеет низкое содержание углерода, что позволяет наплавленному слою повышать твёрдость и прочность в результате наклепа [5].

При выполнении экспериментальной наплавки проволоками ПП-Нп-80Х20Р3Т, Св-08Х13 и У7 переходные зоны, представленные на рисунке 11.



1 – покрытие; 2 – переходная зона; 3 – зона термического влияния; 4 – основа

Рисунок 11 – Микроструктура наплавленного покрытия ($\times 500$):
а) ПП-Нп-80Х20Р3Т; б) Св-08Х13; в) У7

Содержание химических элементов в проволоке Св-08Х13 представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав проволоки Св-08Х13

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера, не более	Фосфор, не более
0,07-0,09	0,30-0,70	0,30-0,70	12,00- 14,00	< 0,60	0,025	0,030

Усталостная прочность при наплавке проволокой Св-08Х13 значительно ниже, чем при наплавке проволоками ПП-Нп-80Х20Р3Т и У7. Наплавленный слой характеризуется низкими значениями микротвёрдости. Повышение предела выносливости наплавленного металла в 1,4...1,5 раза обеспечивается снижением размеров переходной зоны с 65...70 мкм (как при восстановительной наплавке с применением проволок ПП-Нп-80Х20Р3Т и У7) до 10...15 мкм и уменьшении отношения микротвёрдости основного и наплавленного металла для 1,5...1,6 мкм [23].

Проведено фрактологическое исследование наплавленного слоя после разрушения. На изломе обнаружена структурная неоднородность, выраженная чередованием участков хрупкого и пластического разрушения, что показано на рисунке 12.

Поверхность излома содержит несколько характерных зон. Зона чистого усталостного разрушения представлена на рисунке 12-а. Переходная зона, представленная на рисунке 12-б, характеризуется присутствием участков смешанного перехода и ямочным разрушением. Более гладкий рельеф имеет зона долома, которая представлена на рисунке 12-в.

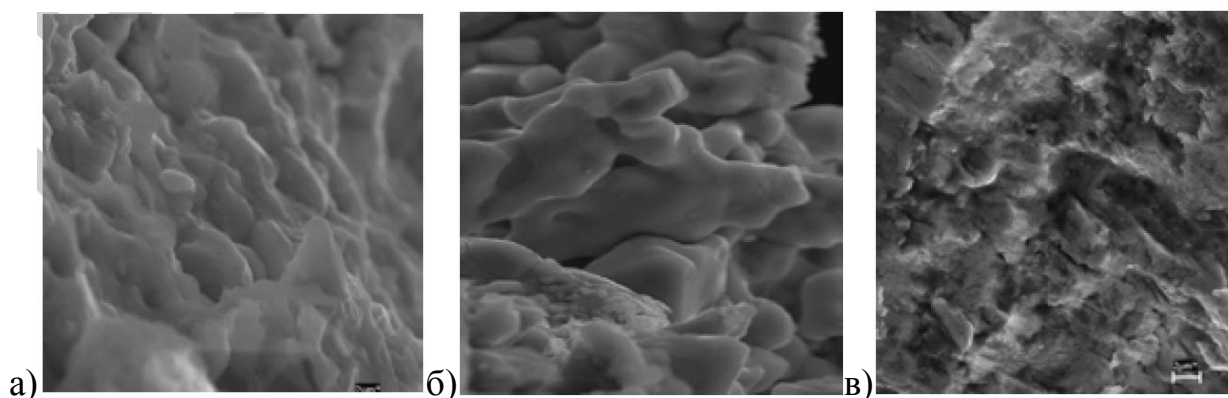


Рисунок 12 – Микрорельеф поверхности усталостного излома образца, наплавленного проволокой Св-08Х13 ($\times 15000$): а) покрытие; б) переходная зона; в) основа

«Зарождение трещин происходит в переходной зоне, края зарождающихся трещин имеют следы усталостных бороздок и фасетки межзеренного разрушения» [23].

2.3 Выбор защитного газа

При наплавке могут быть применены инертные и активные газы, а также их смеси. Наиболее широкое применение нашли такие защитные газы:

- технический гелий (He) первого сорта по МРТУ 51-77,
- углекислый газ (CO₂) по ГОСТ 8050,
- чистый аргон (Ar) Б и В по ГОСТ 10157,
- смесь инертных газов с активными газами (Ar+CO₂).

За счёт применения импульсного управления горением сварочной дуги и переносом электродного металла, которое будет описано дальше, предполагается повысить стабильность горения дуги и переноса электродного металла. Также предполагается улучшение газовой защиты. В связи с этим в качестве защитного газа предлагается применить чистый углекислый газ.

2.4 Требования к наплавочным материалам

Необходимо, чтобы все материалы, применяемые для восстановительной наплавки, прошли аттестацию в соответствии с действующими требованиями.

Для сварки применяется проволока согласно ГОСТ 2246 и углекислый газ согласно ГОСТ 8050.

На каждую партию сварочной проволоки должен быть выдан сертификат, в котором следует указать:

- условное обозначение сварочной проволоки,
- товарный знак изготовителя,
- состояние поверхности проволоки,
- номер плавки и партии проволоки,
- химический состав сварочной проволоки и результаты механических испытаний наплавленного материала,

– масса проволоки.

После поступления на предприятие необходимо, чтобы проволоку принял отдел технического контроля, который осуществляет проверку сертификата и состояние поверхности проволоки.

На поверхности сварочной проволоки не должно быть масла, окалины, следов смазки и других загрязнений. Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой.

При использовании углекислого газа допускается применение с чистотой не ниже 98,8%. Подача углекислого газа в зону сварки должна осуществляться через осушающее устройство. Перед использованием газа следует выполнить его проверку отделом технического контроля.

Перед выполнением сварки следует выполнить пробную наплавку на стальную пластину длиной 100...150 мм. О качестве сварочных материалов судят по анализу поверхности наплавки, устойчивости горения дуги, разбрызгиванию и характеру переноса металла.

2.5 Расчёт параметров режима при выполнении восстановительной наплавки

К параметрам режима наплавки в углекислом газе «относятся:

- род тока и полярность,
- диаметр электродной проволоки,
- сила сварочного тока,
- напряжение дуги,
- скорость подачи проволоки,
- вылет электрода,
- расход углекислого газа,
- наклон электрода относительно шва и скорость сварки.

Наплавку в углекислом газе ведут на постоянном токе обратной полярности» [2]. Если выполнять наплавку на токе прямой полярности, дуга

будет гореть неустойчиво, что отрицательно скажется на стабильности качества наплавленного слоя и производительности.

Для обеспечения стабильности горения дуги и переноса электродного металла при наплавке применим проволоку диаметром 0,8 мм.

Для определения величины тока при наплавке воспользуемся формулой:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2 \cdot a}{4}, \quad (1)$$

где $I_{св}$ – сварочный ток, А;

$d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм;

a – плотность тока в электродной проволоке ($a=110...130$ А/мм²).

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 130}{4} = 65 \text{ А.}$$

«Напряжение дуги зависит от длины дуги. Чем длиннее дуга, тем больше напряжения на ней. С увеличением напряжения дуги увеличивается ширина шва и уменьшается глубина его провара. Устанавливается напряжение дуги в зависимости от выбранной силы сварочного тока. При наплавке необходимо минимальное проплавление, а значит, принимается минимальное напряжение дуги» [2].

Напряжение дуги и расход углекислого газа выбираются в зависимости от силы сварочного тока по таблице 5. Принимаем U_d при наплавке 17...20 В.

Таблица 5 – Зависимость напряжения и расхода углекислого газа от тока

Сила сварочного тока, А	50...60	90...100	150...160	220...240	280...300
Напряжение дуги, В	17...28	19...20	21...22	25...27	28...30
Расход CO ₂ , л/мин	8...10	8...10	9...10	15...16	15...16

Скорость подачи электродной проволоки подбирают с таким расчётом, чтобы обеспечивалось устойчивое горение дуги при выбранном напряжении на ней. Скорость подачи электродной проволоки $V_{пр}$ выбираем в зависимости

от принятого сварочного тока I_{ce} и диаметра сварочной проволоки d_{np} по формуле:

$$V_{np} = \frac{4a_p \times I_{ce}}{\pi \times d_p^2 \times \rho}, \quad (2)$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/А·ч;

ρ - плотность металла электродной проволоки, г/см³.

Значение α_p рассчитывается по формуле:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{ce}}{d_p}. \quad (3)$$

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{65}{0,8} = 9,5 \text{ г/А·ч}; V_{np} = \frac{4 \times 9,5 \times 65}{3,14 \times 0,8^2 \times 7,8} = 157 \text{ м/ч.}$$

«Вылетом электрода называется длина отрезка электрода между его концом и выходом его из мундштука. Величина вылета оказывает большое влияние на устойчивость процесса сварки и качества сварного шва. С увеличением вылета ухудшается устойчивость горения дуги и формирования шва, а также увеличивается разбрызгивание. При сварке с очень малым вылетом затрудняется наблюдение за процессом сварки и часто подгорает контактный наконечник. Величину вылета рекомендуется выбирать в зависимости от диаметра электродной проволоки.

Так как устойчивость горения дуги и переноса металла с применением предлагаемого нами способа значительно увеличилась, то можно принять максимальный вылет электрода, который для проволоки $\varnothing 0,8$ мм составит 8...15 мм» [2].

Расход углекислого газа определяют в зависимости от силы тока, скорости сварки, типа соединения и вылета электрода. В среднем газа расходуется от 5 до 20 л/мин.

Для установленного тока 65 А в соответствии с табл. 2.3 принимаем расход газа 8...10 л/мин.

При слишком большой скорости наплавки конец электрода может выйти из-под зоны защиты газом и окислиться на воздухе.

Скорость наплавки рассчитываем по формуле:

$$V_n = \frac{a_n \times I_{св}}{100 \times F_b \times \rho}, \quad (4)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч, $a_n = a_0(1 - \psi)$;

ψ – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (при сварке в CO_2 $\psi=0,1 \dots 0,15$);

F_b – площадь поперечного сечения наплавленного валика, $см^2$
(принимаем $0,05 \text{ см}^2$);

$$a_n = 9,5(1 - 0,1) = 8,55 \text{ г/А·ч}; \quad V_{св} = \frac{8,55 \cdot 65}{100 \cdot 0,05 \cdot 7,8} = 14,25 \text{ м/ч.}$$

2.6 Описание приспособлений для выполнения восстановительной наплавки

Для выполнения восстановительной наплавки предлагается использовать приспособление, внешний вид и состав которого представлен на рисунке 13. На плите 1 крепится узел линейного перемещения 2 наплавочной горелки. Головка для наплавки 4 размещена на бегунке 3, который имеет возможность перемещения относительно стойки 5. Кассета с проволокой 7 размещена на консоли 6. Перемещение элементов приспособления выполняется следящими двигателями 8.

Стока 5 позволяет настраивать наплавочную головку 4 относительно восстанавливаемой детали и обеспечивать перемещение головки при наплавке по образующей.

Для позиционирования восстанавливаемой детали применяется приспособление, представленное на рисунке 14, в состав которого входит электродвигатель 1, клиноремённый вариатор 2, цилиндрическую 3 и червячную 4 передачи, шпиндели 5, каретку в сборе 6, основание 7.

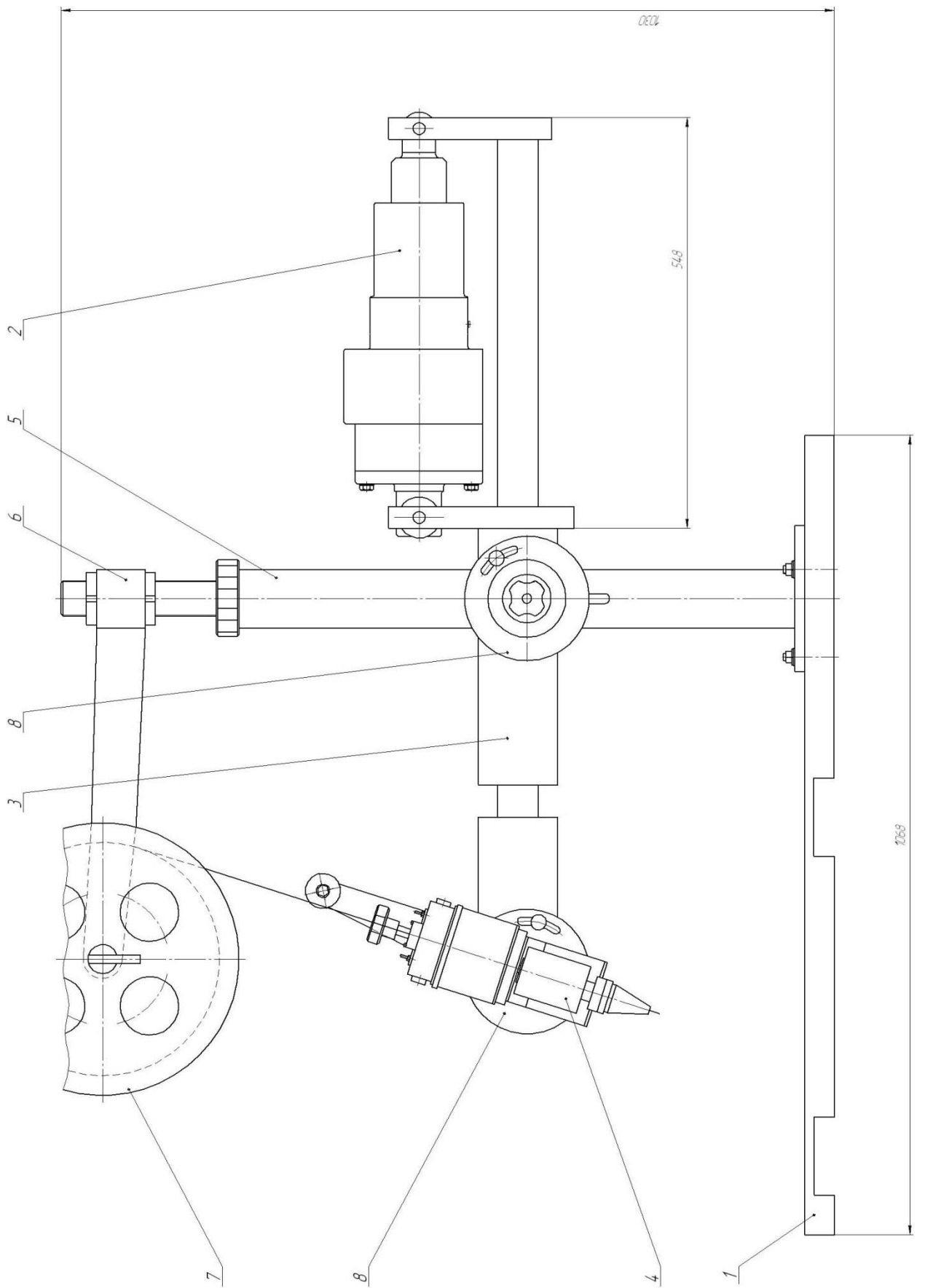


Рисунок 13 – Стойка для наплавки в сборе

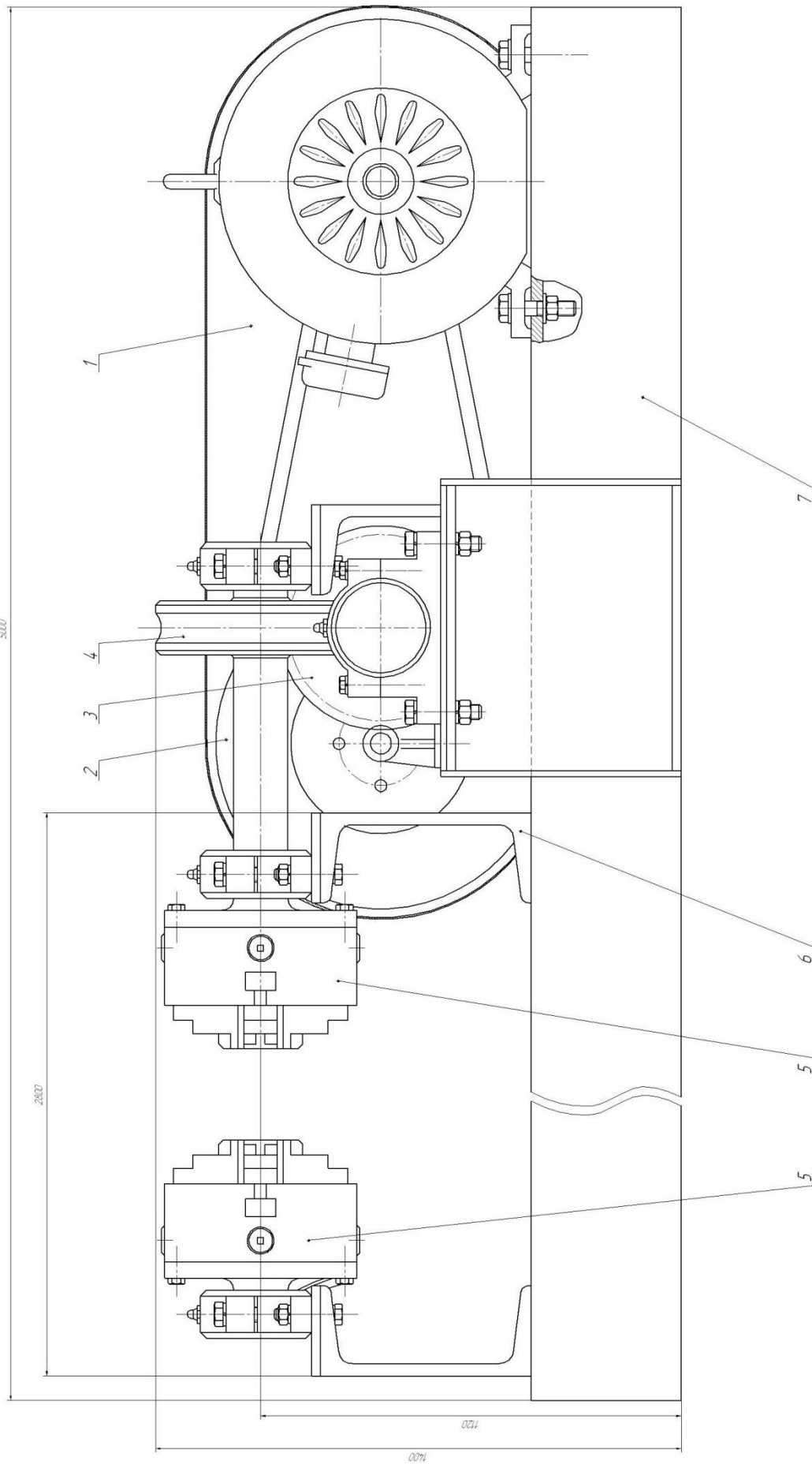
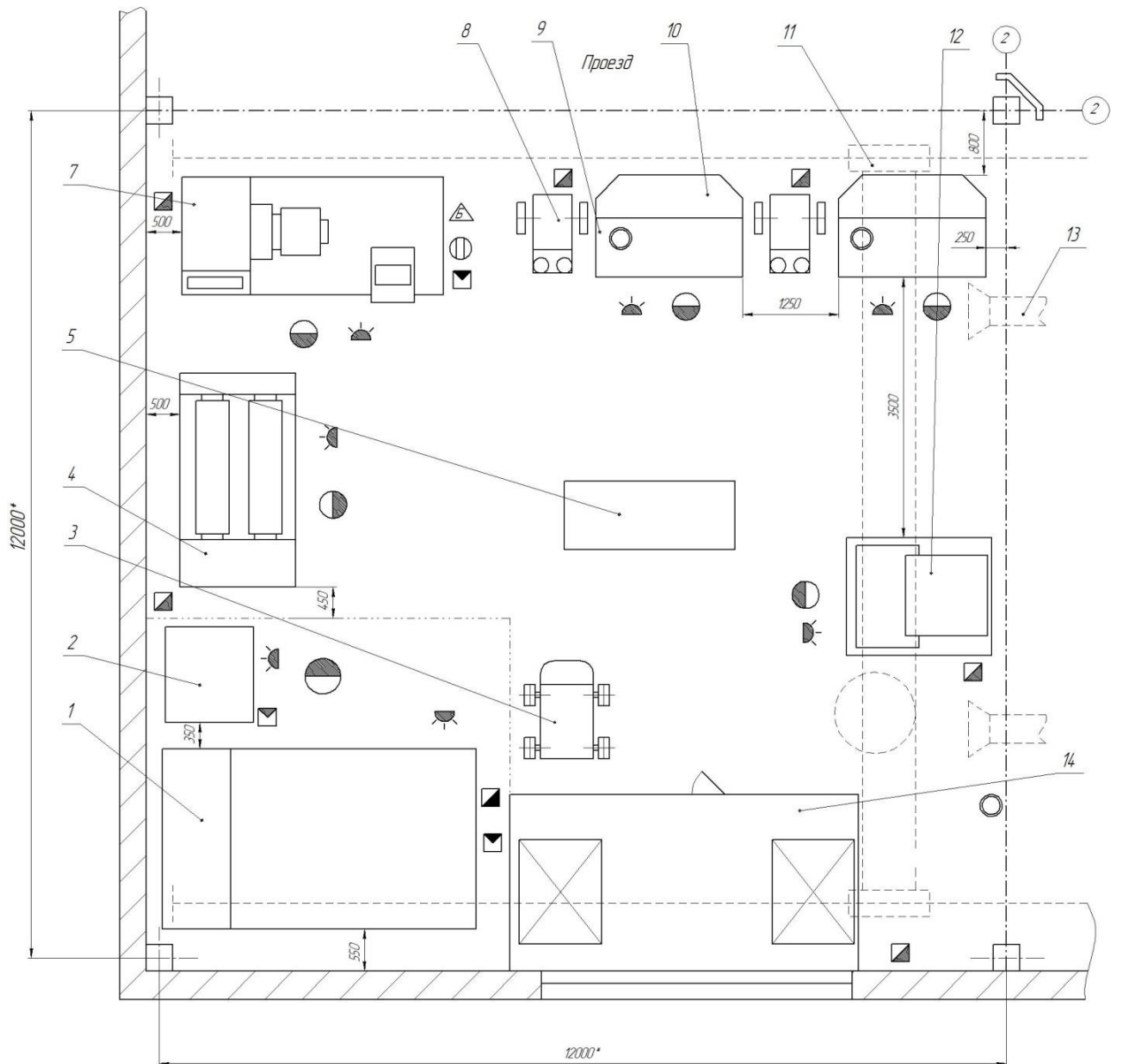


Рисунок 14 – Приспособление для позиционирования при наплавке



1 – пост дефектации; 2 – шкаф для оборудования; 3 – тележка инвентарная; 4 – пост зачистки; 5 – ящик с песком; 6 – склад для вспомогательных инструментов и расходных материалов; 7 – станок токарный; 8 – источник питания; 9 – стол для сварки; 10 – кабина для сварки; 11 – кран; 12 – пост окончательного контроля; 13 – приточная вентиляция

Рисунок 15 – Участок для проведения восстановительной наплавки

Представленный на рисунке 15 участок, на котором предлагается проводить восстановительную наплавку, имеет размеры 12 x 12 метров и позволяет разместить необходимое технологическое оборудование

2.7 Повышение эффективности восстановительной наплавки

Повышение стабильности горения сварочной дуги и её технологических свойств может быть осуществлено с использованием импульсного управления [10]. Особенно актуально повышение стабильности горения дуги для сварки в положениях, отличных от нижнего. Исследования импульсного управления дугой выполняется по следующим направлениям:

- импульсная подача сварочной проволоки,
- сварка модулированным током,
- сварка пульсирующей дугой,
- импульсно-дуговая сварка.

Импульсная модуляция позволяет выполнить противоречивые требования к величине тока при выполнении восстановительной наплавки. По сравнению со стационарной дугой при импульсной модуляции обеспечивается:

- улучшение формирования наплавленного слоя,
- дегазация сварочной ванны,
- уменьшение остаточных напряжений и деформаций в наплавленном слое,
- повышение механических свойств наплавленного слоя.

Технологическая устойчивость горения сварочной дуги при наплавке модулированным током обеспечивается за счёт применения дополнительных импульсов, которые протекают за время основной паузы. Длительность и величина этих импульсов позволяют получить равномерное плавление проволоки и качественное формирование наплавленного слоя.

«Для повышения качества сварного соединения и стабильности горения дуги предлагается использовать сварочный ток, представляющий собой однополярные прямоугольные импульсы, следующие с ультразвуковой частотой, нарастание и спад которых сопровождается высокочастотной

затухающей модуляцией» [15]. Осциллограмма напряжения представлена на рисунке 16.

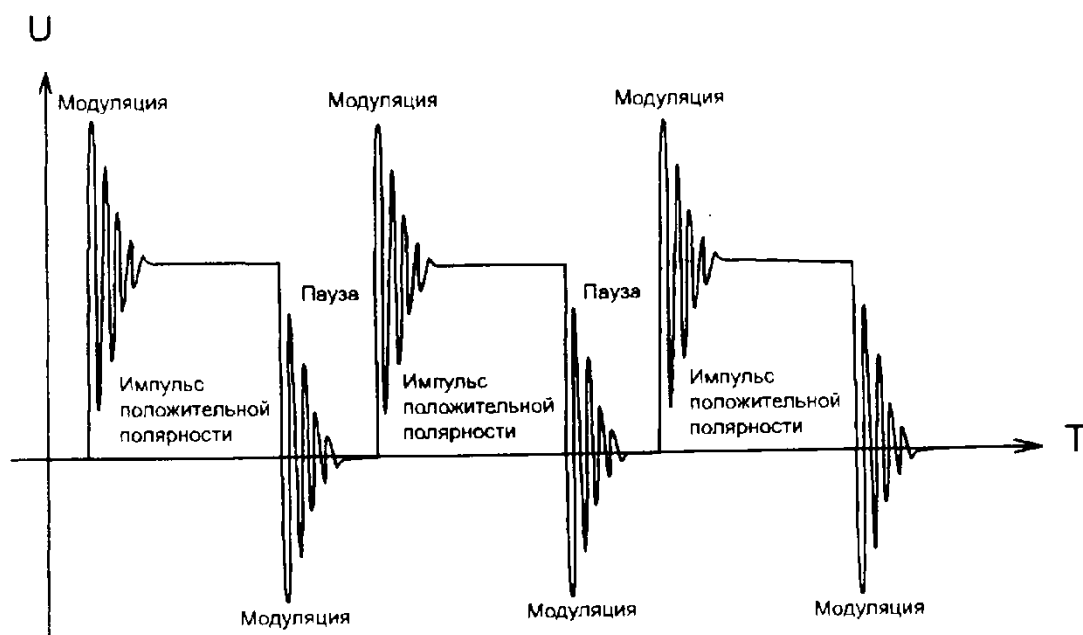


Рисунок 16 – Осциллограмма напряжения при импульсной сварке

«Использование такого сварочного тока позволяет значительно улучшить микрометаллургические процессы, происходящие в дуге и сварочной ванне, за счет непрерывной усиленной ионизации проводящего промежутка между электродом и соединяемыми металлами с помощью высокочастотного напряжения, а также ультразвукового и электродинамического воздействия на сварочную ванну и свариваемые металлы и их сплавы, что приводит к резкому повышению качества сварного соединения и стабильности горения дуги» [15].

«При оптимально подобранном соотношении длительности импульсов в интервале от 2 до 20 мкс, паузы между импульсами в интервале от 0,3 до 18 мкс и спектрального состава импульсов, имеющего высокую относительную мощность в диапазоне от 1 до 20 МГц, достигается значительное улучшение качества сварного соединения и повышение стабильности горения дуги» [15].

«Также, в момент отрыва микрокапли рвутся межкристаллические связи и оторвавшаяся микрокапля уносит значительную часть энергии. Этот поток является охлаждающим и благодаря ему при электроимпульсной

сварке электрод не перекаливается, что уменьшает суммарные потери и улучшает качество наплавленного валика» [15].

Для проведения описанного управления горением дуги предложено устройство, представленное на рисунке 17.

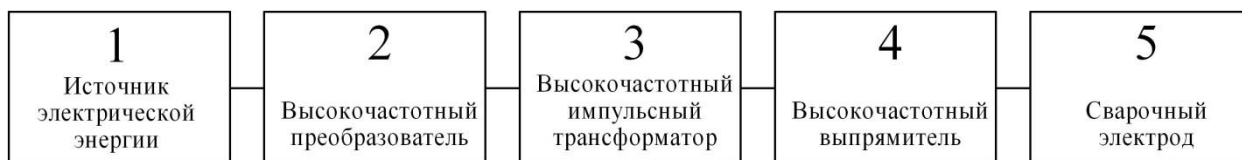


Рисунок 17 – Структурная схема источника питания

«Напряжение источника электрической энергии 1 поступает на неуправляемый высокочастотный преобразователь 2, на котором производится преобразование напряжения источника электрической энергии в последовательность разнополярных прямоугольных импульсов с фиксированными длительностями импульса и паузы, следующих с частотой ультразвукового частотного диапазона. С выхода высокочастотного преобразователя 2 напряжение поступает на первичную обмотку высокочастотного импульсного трансформатора 3 с падающей вольтамперной характеристикой. Со вторичной обмотки трансформатора 3 преобразованное напряжение поступает на высокочастотный выпрямитель 4, с выхода которого сварочный ток поступает на сварочный электрод 5. В процессе поджига дуги и непосредственно при сварке в интервале расстояний от 0 до 10 мм между электродом и свариваемыми металлами независимо от этого расстояния за счет падающей вольтамперной характеристики трансформатора максимальное значение амплитуды тока в преобразователе поддерживается в диапазоне от 50% до 200% номинального значения, что позволяет отказаться от использования специальных устройств и электронных схем защиты силовых электронных ключей и удержания установленной величины сварочного тока. При этом высокочастотный преобразователь 2 работает без импульсных перегрузок при коротких замыканиях, что резко повышает надежность его работы» [15].

Выводы по второму разделу

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановления вала привода лебёдки грузового лифта.

В исполнительском разделе решались следующие ранее поставленные задачи выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали,
- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали,
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима восстановительной наплавки и выбраны материалы для выполнения восстановительной наплавки.

Для повышения технологических свойств наплавки в защитном газе предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей [15]. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

Составлена проектная технология восстановительной наплавки.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [7].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [11], [12].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановления вала привода лебёдки грузового лифта.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима восстановительной наплавки и выбраны материалы для выполнения восстановительной наплавки.

Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Таблица 6 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
1. «Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая	Моющий раствор, вода техническая, ацетон, дробь стальная
2. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик	Газовая горелка	Газ пропан
3. Наплавка на дефектное место	Электросварщик	Источник питания сварочной дуги, установка для наплавки	Наплавочная проволока, защитный газ
4. Термическая обработка	Слесарь-сборщик	Электропечь СНО	-
5. Механическая обработка	Слесарь-сборщик	Фрезерный станок	СОЖ
6. Контроль качества» [1]	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер	масло

Анализ данных в таблице 6 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 7. Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока 	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Проведение предварительного подогрева	<ul style="list-style-type: none"> - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур 	Электропечь СНО
3. Наплавка на дефектное место	<ul style="list-style-type: none"> - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	Источник питания сварочной дуги, механизм позиционирования детали
4. Термическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур 	Электропечь СНО
5. Механическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования 	Токарный станок
6. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение 	Дефектоскоп

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев,
- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования,
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам,
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока,
- нагрев поверхности деталей до высоких температур,
- инфракрасное излучение,
- ультрафиолетовое излучение,
- ультразвуковое излучение.

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Таблица 8 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 8. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок ремонтной наплавки валов.	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [4]	«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» [7].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [7].

Таблица 10 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	«Первичные средства пожаротушения
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Кнопка оповещения» [7]	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 11 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок ремонтной наплавки валов	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [4].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [4].

На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 10.

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 11.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 12 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная наплавка валов	- подготовка детали - подготовка поверхности - наплавка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В

ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 12.

Таблица 13 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Участок ремонтной наплавки валов
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 13.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии восстановительной наплавки деталей машин.

В проектной технологии применяется автоматическая наплавка, внедрение которой в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные

факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки валов с применением современных достижений в области сварки и наплавки.

Выявленные недостатки базовой технологии (малая производительность восстановительной наплавки, низкая стабильность качества наплавленного слоя, вредные условия труда сварщика) заставляют выполнять поиск более эффективных способов восстановления изделия.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима восстановительной наплавки и выбраны материалы для выполнения восстановительной наплавки.

Для повышения технологических свойств наплавки в защитном газе предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

Составлена проектная технология восстановительной наплавки.

В таблицу 14 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

Таблица 14 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	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	$C_{об}$	руб.	200 тыс.	600 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	15	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	12	12
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	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» [11]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании данных в таблице 14 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $D_p = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $K_{см} = 1$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7$ %, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (6)$$

После подстановки получаем: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ ч.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{\text{маш}}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{\text{всп}}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{\text{обсл}}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{\text{отд}}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{\text{п-з}}$):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1,65 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,83 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт}}. \quad (8)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{\Gamma.баз.} = 2054/2 = 1057 \text{ за год};$$

$$П_{\Gamma.проектн.} = 2054/1 = 2054 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии $P_{г} = 800$ тыс. деталей за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot P_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (9)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч.б} = \frac{2 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,76$$

$$n_{расч.пр} = \frac{1 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,38$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования $n=1$. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (10)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,76/1 = 0,76;$$

$$Kзн = 0,38/1 = 0,38.$$

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – электроды, а в проектном варианте технологии – наплавочную проволоку и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов N_p , цены

материалов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ} \quad (11)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{баз.} = 270 \cdot 0,48 = 130 \text{ руб.};$$

$$M_{баз.} = 310 \cdot 0,448 + 90 \cdot 0,213 = 158 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{осн}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки $C_ч$ с учётом коэффициента K_d доплат к заработной плате:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d. \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{осн.баз.} = 2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 752 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 1 \cdot 200 \cdot 1,88 = 376 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $Z_{осн}$:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100. \quad (13)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{доп.базов.} = 752 \cdot 12 / 100 = 90 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 376 \cdot 12 / 100 = 45 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$:

$$\Phi ЗП_{базов.} = 752 + 90 = 842 \text{ рублей};$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 376 + 45 = 421 \text{ рублей.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды по формуле:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{ баз.}} = 842 \cdot 34 / 100 = 286 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{ проектн.}} = 421 \cdot 34 / 100 = 143 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование $Z_{об}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (15)$$

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации H_a , эффективного фонда времени $F_э$, цены оборудования $C_{об}$ и машинного времени $t_{маш}$ с использованием формулы:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (16)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 2 / 2054 / 100 = 42 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 600000 \cdot 21,5 \cdot 1 / 2054 / 100 = 63 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии $C_{ээ}$, установленной мощности оборудования $M_{уст}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{\text{ээ}} / КПД. \quad (17)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 15 \cdot 2 \cdot 3,02 / 0,7 = 129 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 20 \cdot 3 \cdot 3,02 / 0,85 = 71 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Зоб_{\text{баз.}} = 42 + 129 = 171 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 63 + 71 = 134 \text{ руб.}$$

Вычисление технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы ФЗП, материалы M , оборудование $З_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{ОБ}} \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 130 + 842 + 286 + 171 = 1429 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 158 + 421 + 143 + 134 = 856 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (19)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1429 + 1,5 \cdot 752 = 1429 + 1128 = 2557 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 856 + 1,5 \cdot 376 = 856 + 564 = 1420 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости $C_{зав}$ проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{цех}$, основной заработной платы $Z_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{цех}$:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав}. \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 2557 + 1,15 \cdot 752 = 2557 + 865 = 3422 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1420 + 1,15 \cdot 376 = 1420 + 432 = 1852 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектн.
«1. Затраты на материалы	М	130	158
2. Фонд заработной платы	ФЗП	842	421
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	286	143
4. Затраты на оборудование	Зоб	171	134
5. Технологическая себестоимость	Стех	1429	856
6. Цеховые расходы	Рцех	1128	564
7. Цеховая себестоимость	Сцех	2557	1420
8. Заводские расходы	Рзав	865	432
9. Заводская себестоимость» [11]	$C_{зав}$	3422	1852

На основании данных в таблице 15 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ и стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$, которые были определены для базового варианта технологии:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (21)$$

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизации N_a :

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_a / 100). \quad (22)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 200000 - (200000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 71000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 71000 \cdot 0,76 = 53960 \text{ руб.}$$

Величина капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (23)$$

Величина капитальных вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ рассчитывается по цене оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп} \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{об.пр} = 600000 \cdot 1,05 \cdot 0,38 = 239400 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат $K_{соп}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $K_{монт}$ на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $K_{дем}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (25)$$

Величина затрат на демонтаж $K_{дем}$ и монтаж $K_{монт}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

$$K_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д}, \quad (26)$$

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дем} = 200000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

$$K_{монт} = 600000 \cdot 0,05 = 30000 \text{ руб.}$$

$$K_{соп} = 10000 + 30000 = 40000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 239400 + 40000 = 279400 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

$$K_{дон} = K_{общ.пр} - K_{общ.б.} \quad (28)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дон} = 279400 - 53960 = 225440 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы Π_r как:

$$K_{уд} = K_{общ} / \Pi_r. \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 53960/800 = 67 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 279400/800 = 349 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

$$\Delta t_{ум} = (t_{ум б} - t_{ум пр}) \cdot 100 \% / t_{ум б}. \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{ум} = \frac{2 - 1}{2} \cdot 100\% = 50\%$$

Повышение производительности труда Π_m , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$:

$$\Pi_m = 100 \cdot \Delta t_{ум} / (100 - \Delta t_{ум}). \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_m = 100 \cdot 50 / (100 - 50) = 100 \%$$

Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}}, \quad (32)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1429 - 856) \cdot 100\% / 1429 = 40 \%$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Пр_{ож} = Э_{yg} = (C_{\text{зав. баз}} - C_{\text{зав. пр}}) \cdot П_z. \quad (33)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Э_{y.g.} = (3422 - 1852) \cdot 800 = 1256000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{ок} = K_{дон} / Э_{yg}. \quad (34)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{ок} = 225440 / 1256000 = 0,2 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект $Э_г$, который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$Э_г = Э_{yg} - E_n \cdot K_{дон} \quad (35)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_2 = 1256000 - 0,33 \cdot 225440 = 1181600 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

Выявленные недостатки базовой технологии (малая производительность восстановительной наплавки, низкая стабильность качества наплавленного слоя, вредные условия труда сварщика) заставляют выполнять поиск более эффективных способов восстановления изделия.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения технологических свойств наплавки в защитном газе предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 50 %, а производительность труда увеличилась 100 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 40 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 1,3 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 1,2 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,2 года.

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления вала привода лебёдки грузового лифта.

Анализ свойств материала детали показал трудности, сопровождающие его сварку и наплавку:

- образование холодных трещин в околошовной зоне,
- образование горячих трещин в наплавленном металле,
- разупрочнение наплавленного металла и околошовной зоны по сравнению с основным металлом восстанавливаемой детали.

Выявленные недостатки базовой технологии (малая производительность восстановительной наплавки, низкая стабильность качества наплавленного слоя, вредные условия труда сварки) заставляют выполнять поиск более эффективных способов восстановления изделия.

На основании вышеизложенного были сформулированы задачи на выполнение выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали;
- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали;
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима восстановительной наплавки и выбраны материалы для выполнения восстановительной наплавки.

Для повышения технологических свойств наплавки в защитном газе предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

Составлена проектная технология восстановительной наплавки.

Анализ проектной технологии позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 50 %, а производительность труда увеличилась 100 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 40 %.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 1,2 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,2 года.

На основании вышеизложенного следует признать поставленную цель достигнутой.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алёшин Н. П., Чернышов Г. Г. Сварка. Резка. Контроль: справочник в 2-х томах. М.: Машиностроение, 2004. Том. 2. 480 с.
2. Бабенко Э. Г., Казанова Н. П. Расчет режимов электрической сварки и наплавки. Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей общения, 1999. 54 с.
3. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
4. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
5. Вигерина Т. В. Технологии восстановления коленчатых валов двигателей из высокопрочного чугуна и конструкционной стали напылением, наплавкой и поверхностным пластическим деформированием: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Минск: Белорусский национальный технический университет. – 2013.
6. Гладкий П. В., Переплётчиков Е.Ф., Рябцев А. И. Плазменная наплавка // К. : Екологія, 2007. 292 с.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин : учебное пособие. Тольятти : изд-во ТГУ, 2014. 176 с.
9. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций : учебно-методическое пособие к курсовому проектированию. Тольятти : ТГУ, 2008. 77 с.
10. Крампит А. Г., Зернин Е. А., Крампит М. А. Современные способы импульсно-дуговой MIG/MAG сварки // Технологии и материалы. 2015. № 7. С. 4–10.

11. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
12. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
13. Малаховский В. А. Плазменные процессы в сварочном производстве // М. : Высшая школа, 1988. 72 с.
14. Николаев А. Г. (пред.) Сварка в машиностроении : справочник в 4-х т. М. : Машиностроение, 1978. Том 2. 462 с.
15. Патент РФ № 2253551 МПК В23К9/10 Способ дуговой сварки и устройство для дуговой сварки / А.Б. Леонтьев, В.Ф. Горячев Заявл. 17.02.2003, Оpubл. 10.06.2005, Бюл. № 16.
16. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов А. Д. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
17. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.
18. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.
19. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.
20. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 268 с.
21. Походня И. К. Сварочные материалы: состояние и тенденции развития // Сварочное производство. 2003. № 6. С. 26–40.
22. Походня И. К., Альтер В. Ф., Шлепаков В. Н. Производство порошковой проволоки // К. : Вища шк., 1980. 231 с.

23. Шахпазов Е. Х., Зайцев А. И., Родионов И. Г. Современные проблемы металлургии и материаловедения стали // Металлург. 2009. №4. С. 25–31.

24. Шишков М. М. Марочник сталей и сплавов // Донецк: Юго-Восток, 2002. 456 с.

25. Шлепаков В. Н., Котельчук А. С., Наумейко С. М. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2005. № 6. С. 18–22.

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