

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Технология и оборудование восстановления поршня
судового двигателя»

Студент

Д.А. Банников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.т.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 2020

Аннотация

Поршень является деталью, которая определяет работоспособность и долговечность двигателя и его долговечность. Алюминиевые поршни получили широкое распространение в судовых дизелях, потому что по сравнению с чугунными обладают рядом преимуществ, к которым можно отнести значительно меньшую массу (что повышает характеристики двигателя), высокую теплопроводность (что уменьшает перегрев двигателя).

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии ремонтной сварки поршней судового двигателя внутреннего сгорания. Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых требует затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение трёхфазной сварки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество ремонтной сварки.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,742 млн. рублей.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при ремонтной сварке поршней судовых двигателей. Также результаты могут быть использованы при ремонтной сварке деталей машин из алюминиевых сплавов.

Содержание

Введение	5
1 Состояние ремонта поршней судовых двигателей	7
1.1 Описание изделия и дефектов	7
1.2 Сведения о материале изделия	11
1.3 Базовая технология ремонтной сварки	13
1.4 Анализ альтернативных способов ремонтной сварки	17
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	24
2 Проектная технология ремонтной сварки	25
2.1 Подготовка к восстановлению	25
2.2 Выполнение ремонтной сварки изделия	27
2.3 Оборудование для ремонтной сварки трёхфазной дугой	30
Заключение по второму разделу	35
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	36
3.1 Технологическая характеристика объекта	36
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	37
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	38
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	39
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	40
3.6 Заключение по разделу	41
4 Экономическая эффективность предлагаемых	

технологических решений	42
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов	42
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	44
4.3 Расчет штучного времени	45
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки	49
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	56
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	61
Заключение по экономическому разделу	64
Заключение	65
Список используемой литературы	66

Введение

Эксплуатация дизельных двигателей (тепловозные, судовые) происходит в условиях максимального нагружения в течение длительного времени. Поэтому двигатели судов работают в условиях перегрузок, что приводит к интенсивному износу их деталей. В связи с этим актуален вопрос реновации и ремонта поршней судовых двигателей.

Задача восстановления поршней судовых двигателей стоит давно и решается с применением различных технологических приёмов и способов. Самым распространённым может считаться дуговая наплавка, которая предусматривает использование дуги и плавящегося электрода [2]. Однако дуговая наплавка плавящимся электродом встречает при восстановлении поршней двигателей множество проблем. Одна из таких проблем – необходимость выполнения предварительной разделки кромок в теле поршня. Другим затруднением является интенсивное разбрызгивание электродного металла, которая возникает на сформированных режимах наплавки. Кроме того, наплавленный металл обладает повышенной пористостью. Тепловое воздействие дуги приводит к тому, что наплавленный металл формируется с крупнозернистой структурой, это в свою очередь вызывает понижение износостойкости восстанавливаемых деталей.

Наплавку поршней двигателя можно выполнять плавящимся и неплавящимся электродом [3]. Также возможно применение плазменных технологий [4] и электронно-лучевое восстановление [5].

Поршень является деталью, которая определяет работоспособность долговечность двигателя и его долговечность. Алюминиевые поршни получили широкое распространение в судовых дизелях, потому что по сравнению с чугунными обладают рядом преимуществ, к которым можно отнести значительно меньшую массу (что повышает характеристики двигателя), высокую теплопроводность (что уменьшает перегрев двигателя).

Возвратно-поступательные движения, которые совершает в процессе работы поршень с установленными кольцами, вызывают постепенный износ рабочей поверхности гильзы (зеркала цилиндра). Также в процессе работы двигателя происходит интенсивный износ компрессионных и маслосъемных колец. Состояние цилиндро-поршневой группы и её исправность определяют срок службы двигателя до капитального ремонта, расход масла и топлива. При ремонт цилиндро-поршневой группы двигателя заменяют маслосъемные и компрессионные кольца, растачивают блок цилиндров, устанавливают новые поршни и шатуны.

Выпуск большого числа запасных частей для оборудования и транспорта требует привлечения существенных материальных и трудовых затрат. В тоже время доля ремонтпригодных деталей машин достигает 75 % от общего числа бракуемых деталей [1, 6]. В связи с этим целесообразным будет организация вторичного использования изношенных деталей оборудования и транспорта после капитального ремонта, которая должна опережать производство запасных частей.

С точки зрения металлоёмкости ремонт деталей оборудования и транспорта требует меньших затрат материалов, чем выпуск новых деталей. Кроме того, проведение ремонта требует меньших временных затрат, чем изготовление новой детали. В связи с этим, организация ремонта будет экономически эффективнее, чем выпуск новых деталей. Таким образом, приоритетным направлением ресурсосбережения является восстановление работоспособности элементов оборудования и транспорта.

Поршни, являющимися запасными частями двигателя, весьма востребованы на современном рынке, поэтому актуальной является разработка технологии реновации этих деталей

В связи с вышесказанным следует признать актуальным тему выпускной квалификационной работы и её **цель** – повышение производительности и качества восстановления поршней судовых двигателей.

1 Состояние ремонта поршней судовых двигателей

1.1 Описание изделия и дефектов

В процессе работы судового двигателя на поршень оказываются механические воздействия из-за избыточного давления раскалённых газов и сил инерции от подвижных движущихся частей кривошипно-шатунного механизма. Также на поршень оказывается термическое воздействие – он отводит тепло от нагретой газами головки двигателя.

Поступившая на судоремонтное предприятие для восстановления, головка поршня должна быть пронумерована и законсервирована в соответствии с действующей нормативно-технической документацией и иметь сопроводительные документы.

По результатам дефектации на судоремонтном предприятии определяется целесообразность восстановления конкретной изношенной головки поршня. Характерные эксплуатационные дефекта (причина отказов) головок поршней дизелей представлены в табл. 1.1.

Восстановлению подлежат головки поршней, изношенные поверхности которых доступны разделке под сварку и наплавку, а также выполнению всех остальных технологических операций восстановления и контроля качества.

Технологический процесс восстановления головок поршней осуществляется по типовой технологической схеме (рис. 1.2).

Восстановленные головки поршней должны удовлетворять требованиям рабочих чертежей на эти детали в части геометрических размеров и качества обработки восстановленных поверхностей.

Восстановление головок поршней связано с использованием металлорежущих станков, пневматических и абразивных инструментов, сварочного оборудования, нагревательных устройств и сопровождается выделением тепла, пыли и токсичных сварочных аэрозолей.

Таблица 1.1 – Характеристика повреждений поршней тепловых двигателей

Наименование дефекта	Эскиз	Причина
1	2	3
Эрозия на днище и жаровом поясе поршня		<ol style="list-style-type: none"> 1) низкое качество топлива; 2) наличие примесей бензина в дизельном топливе; 3) попадание масла в камеру сгорания; 4) установка неправильного угла опережения зажигания; 5) нарушение герметичности выпускных клапанов; 6) нагар в камере сгорания; 7) перегрев двигателя
Прихват от перегрева на головке поршня		<ol style="list-style-type: none"> 1) неправильная обкатка двигателя; 2) перегрев в камере сгорания из-за неисправности системы питания; 3) неправильная работа системы охлаждения двигателя
Эрозия материала на днище поршня		<ol style="list-style-type: none"> 1) неисправность форсунки; 2) поломка нагнетательного клапана в топливном насосе
Разрушение перемычек между канавками поршневых колец		<ol style="list-style-type: none"> 1) неисправность форсунки; 2) недостаточная компрессия в цилиндре; 3) попадание воды или топлива в цилиндр при неработающем двигателе (гидроудар)
Износ поверхностей из-за избытка топлива в камере сгорания		<ol style="list-style-type: none"> 1) увеличенная подача топлива в камеру; 2) недостаточная компрессия; 3) неправильный выбор зазора между поршнем и головкой

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Трещины на днище и вокруг камеры сгорания в поршне		<ol style="list-style-type: none"> 1) неисправность системы питания; 2) перегрев двигателя; 3) неисправность моторного тормоза
Задиры при недостаточном зазоре между поршнем и цилиндром		<ol style="list-style-type: none"> 1) неправильно проведённый ремонт – занижение диаметра цилиндра; 2) неравномерное затягивание головки блока, загрязнение или повреждение резьбового соединения на элементах крепления головки к блоку цилиндров; 3) деформация цилиндров из-за неравномерного охлаждения - накипь или грязь в системе охлаждения; 4) ненадлежащая подготовка посадочных места для гильз в блоке; 5) нагружение двигателя без предварительного прогрева. 6) отсутствие смазки на опорных местах для гаек и болтов; 7) повреждения привалочных поверхностей блока цилиндров и головки блока; 8) низкое качество прокладки головки блока;

Несоблюдение требований безопасности и производственной санитарии может привести к травмам от отделившихся частиц металла и абразивов, электротравмам, ожогам, запылению и загазованности производственных помещений выше предельно-допустимых концентраций,

При восстановлении головок поршней необходимо руководствоваться действующими государственными и отраслевыми документами по технике безопасности и охране труда.



Рисунок 1.1 – Поршень судового дизеля

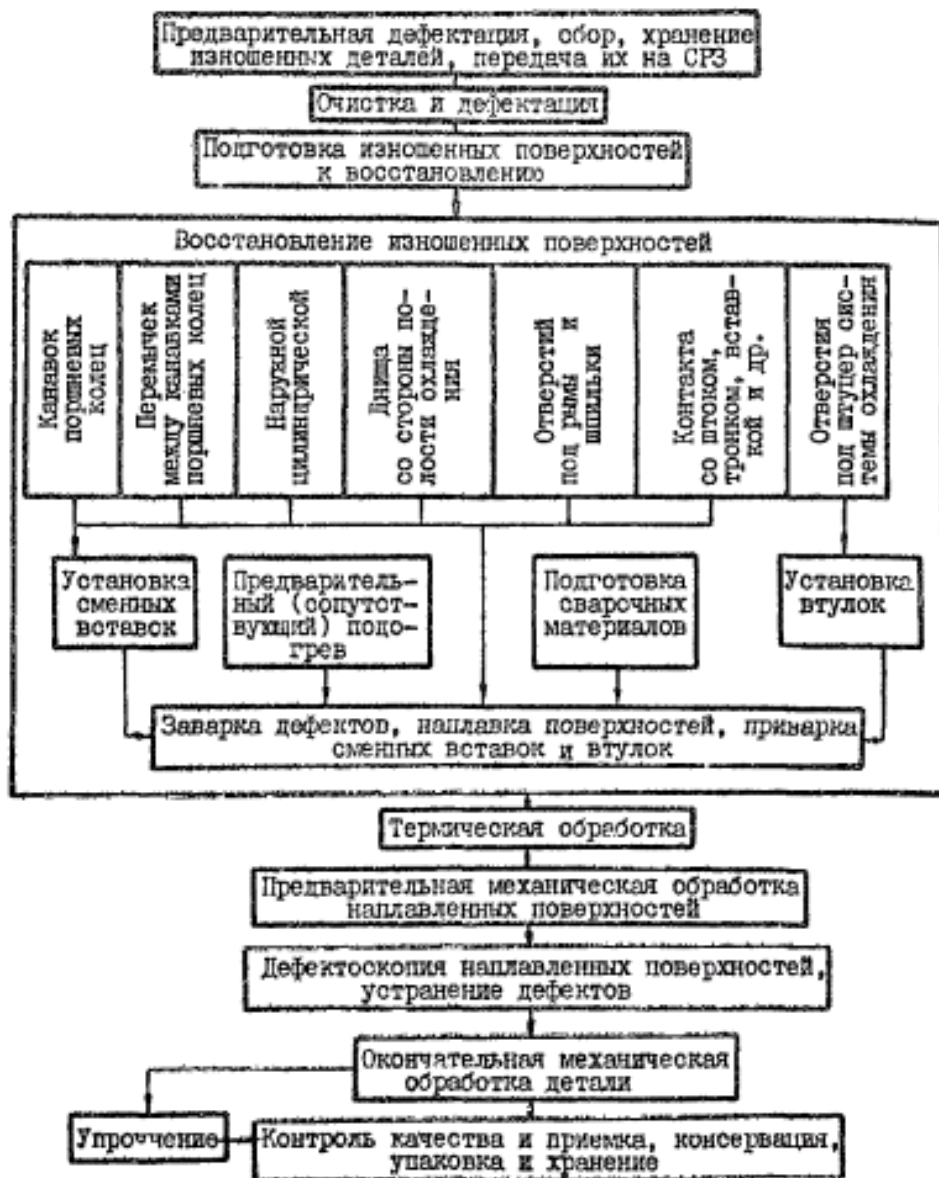


Рисунок 1.2 – Типовая технологическая схема ремонтной сварки поршней

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления поршней применяются алюминиевый сплав АК12М2МгН (АЛ25) - алюминиевый литейный сплав, который получил распространение при изготовлении фасонных отливок и поршней дизелей.

Таблица 1.2 – Химический состав сплава АЛ25

Fe	Mn	Ni	Si	Ti	Cr	Cu	Mg	Zn
до 0,8	0,3...0,6	0,8...1,3	11...13	0,05...0,2	до 0,2	1,5...3	0,8...1,3	до 0,5

Сварка алюминиевых сплавов встречает трудности, которые обусловлены свойствами алюминиевых сплавов (высокая теплопроводность, образование оксидной плёнки и т.д.):

- 1) на поверхности алюминиевых деталей присутствует и дополнительно образуется при нагреве тугоплавкий окисл Al_2O_3 , температура которого ($T_{пл} = 2050\text{ }^\circ\text{C}$) превышает температуру плавления алюминия, а плотность больше чем плотность расплавленного алюминия. Это приводит к загрязнению металла шва окислами (которые тонут в расплавленном металле) и существенно затрудняет сплавление кромок.
- 2) нагрев алюминиевых сплавов до высоких температур вызывает их катастрофическую потерю прочности, в результате чего сварочная ванна «проваливается» под собственным весом, происходит вытекание алюминия через корень шва или зазор.
- 3) алюминиевые сплавы имеют большой коэффициент линейного расширения и низкий модуль упругости, в результате этого при сварке алюминиевых сплавов наблюдаются повышенные деформации и коробление конструкции.
- 4) при сварке конструкций из алюминиевых сплавов следует выполнять химическую очистку сварочной проволоки самым тщательным образом.

Кроме того, следует проводить механическую очистку и обезжиривание кромок свариваемых изделий.

5) При сварке конструкций из алюминиевых сплавов происходит интенсивное растворение газов в нагретом жидком металле. При остывании и кристаллизации расплавленного металла происходит их задержка в сварочной ванне, в результате чего получается интенсивная пористость, снижение прочностных и пластических свойств металла сварного шва.

6) Металл сварного шва имеет грубую столбчатую структуру, по границам зёрен выделяется легкоплавкая эвтектика. В результате этого при сварке конструкций из алюминиевых сплавов возникают трещины.

7) Алюминиевые сплавы имеют высокий коэффициент линейной усадки, в результате этого при сварке конструкций из алюминиевых сплавов возникают значительные усадочные напряжения.

Описанные металлургические проблемы возникают при всех способах сварки конструкций из алюминиевых сплавов. Использование источников нагрева с высокой концентрацией энергии существенно снижает остроты описанных проблем, так как в этом случае вложение тепла в изделие начинает носить более локальный характер, существенно уменьшается зона термического влияния.

Если используются источники нагрева с концентрированной энергией (плазменная сварка, лазерная сварка, сварка трёхфазной дугой), то влияние наличия окисной пленки на поверхностях изделия на качество сварки существенно снижается.

При сварке конструкций из алюминиевых сплавов с применением традиционных способов механические свойства металла сварного шва приблизительно на 20...35 % меньше, чем у основного металла. Значительное влияние на уровень свойств оказывает металлургическое состояние основного материала.

1.3 Базовая технология ремонтной сварки

Ремонтная сварка выполняется на участке (рис. 1.3), который оснащён местной системой отсоса воздуха, сварочной оснасткой, источниками питания дуги.

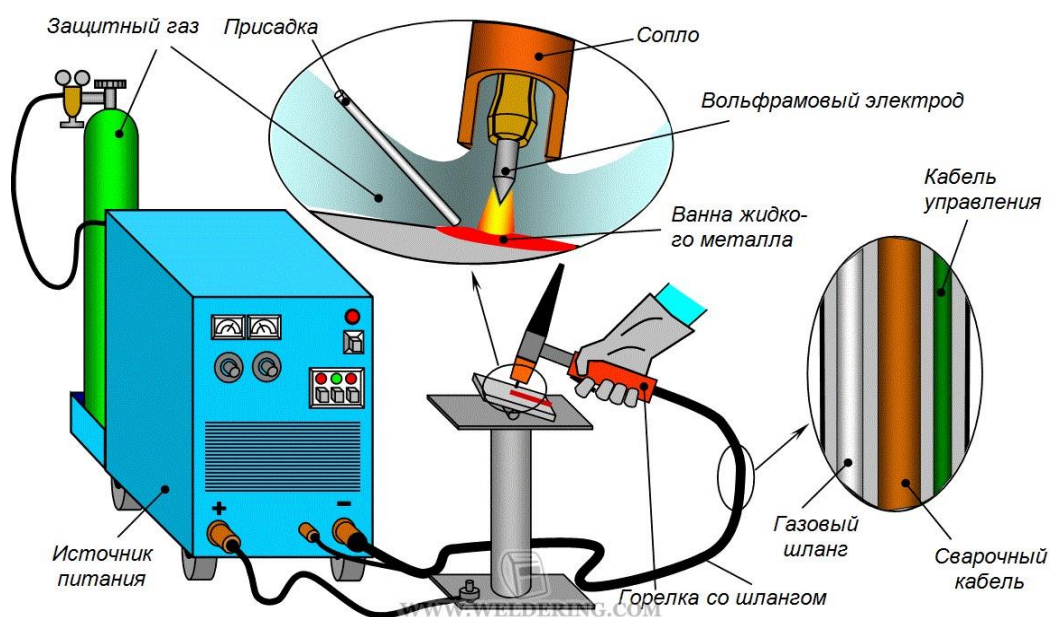


Рисунок 1.3 – Участок для восстановления деталей

Выявление дефектов на изделии выполняется внешним осмотром. Дополнительно применяются приборы и специализированный инструмент. По результатам дефектовки на детали маркером наносят метки. Если деталь пригодна к работе, её отмечают зеленой краской. Если необходимо проведение ремонта, такая деталь помещается желтой краской. Если деталь непригодна к дальнейшему использованию, её следует пометить красной краской. Помеченные зелёной краской годные детали поступают в цех комплектовки, где они будут использованы для сборки двигателя.

Помеченные жёлтой краской детали, подлежащие ремонту, обезжиривают водного раствора NaOH с концентрацией 10 %, температура раствора – 60...70 °С. Окисная плёнка стравливается с поверхности деталей под воздействием щелочи за 2...3 минуты. После удаления окисной плёнки

следует смыть остатки раствора с деталей проточной холодной водой. После этого детали просушивают сжатым воздухом.

Непосредственно перед сваркой выполняют окончательную зачистку на расстоянии 15...25 мм от места сварки с применением металлической щетки. Для зачистки следует применять щетки из нержавеющей сталей с диаметром проволоки не больше 0,15 мм. Использование наждачного круга или наждачной бумаги нецелесообразно, так как при этом они быстро забиваются стружкой. После механической очистки с применением стальной щетки кромки следует тщательно вытереть насухо с использованием чистой ветоши, удаляя все порошкообразные загрязнения. Сварку можно выполнять в течение 5...6 часов после очистки. Если за указанное время сварка не была проведена, следует проводить повторную зачистку кромок перед сваркой.

Непосредственно перед выполнением ремонтной сварки следует выполнить подготовку дефектного места. Разделку и выборку дефектного металла выполняют с использованием ручной фрезы.

Ремонтную сварку выполняют с применением источника переменного тока, расходными материалами служат неплавящиеся вольфрамовые электроды и инертный газ аргон. Наилучшее качество сварки достигается при использовании лантанированных электродов. В этих электродах к вольфраму добавлено примерно 1,5...2 % окислов лантана, что приводит к увеличению срока службы электродов и возможности применения форсированных режимов, предусматривающих увеличение сварочного тока на 15%. Перед сваркой следует заточить рабочий конец электрода под конус, угол конуса составляет 60 °, длина заточки – 2...3 диаметра электрода.

Ремонтная сварка выполняется сварочным источником питания УДГУ-351 (рис. 1.4).

Защиту сварочной ванны выполняют с применением аргона высшего сорта по ГОСТ 10157–79. Аргон хранится в баллонах (рис. 1.5) с объемом 6,2 м³ и рабочим давлением 15 МПа. Баллоны имеют серую окраску и снабжены надписями зеленого цвета.



Рисунок 1.4 – Источник питания УДГУ-351



Рисунок 1.5 – Баллоны для аргона

Таблица 1.2 – Режимы ремонтной ручной аргонно-дуговой сварки алюминиевых сплавов с применением вольфрамового электрода

Номер режима	Ток, А	Диаметр проволоки, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Расход аргона, л/мин
1	100...140	3	2	8...10
2	130...150	4	2	8...10
3	140...170	4	3	10...12

После выполнения ремонтной сварки следует очистить дефектное место, удаляя брызги и загрязнения. Далее следует выполнить внешний осмотр сварного соединения и прилегающего к нему основного металла на величине не меньше 20 мм с каждой стороны от шва. При помощи фрезерования восстанавливают геометрию поверхности поршня.

Внутренние дефекты обнаруживаются ультразвуковым методом. Поверхность исследуемой детали смазывают техническим маслом и располагают на ней преобразователь дефектоскопа УД 2-102 (рис. 1.6). Путём смещения преобразователя получают картину сигналов, анализ которой позволяет судить о наличии и величине внутренних дефектов.



Рисунок 1.6 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-102



Поверхность поршня до восстановления



Фрезерование дефекта



Наплавка рабочей поверхности поршня



Фрезерование рабочей поверхности поршня

Рисунок 1.7 – Этапы восстановления рабочей поверхности поршня

1.4 Анализ альтернативных способов ремонтной сварки

Ремонт деталей машин из алюминиевых сплавов может быть выполнен одним из следующих распространённых в промышленности способов:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами;
- механизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах проволокой сплошного сечения;
- плазменная сварка и наплавка;
- сварка неплавящимся электродом в инертном газе;
- сварка трёхфазной дугой.

Ручная дуговая сварка деталей из алюминиевых сплавов покрытыми электродами ведётся на постоянном токе обратной полярности. Для питания сварочной дуги используется сварочный выпрямитель с падающей внешней вольтамперной характеристикой. При сварке поддерживают короткую дугу, угол наклона электрода составляет $60...90^\circ$, что позволяет выполнять визуальный контроль ванны расплавленного металла. Перед ремонтной сваркой выполняют предварительный подогрев изделия до температуры $150...200^\circ\text{C}$, для подогрева применяют газовое пламя.

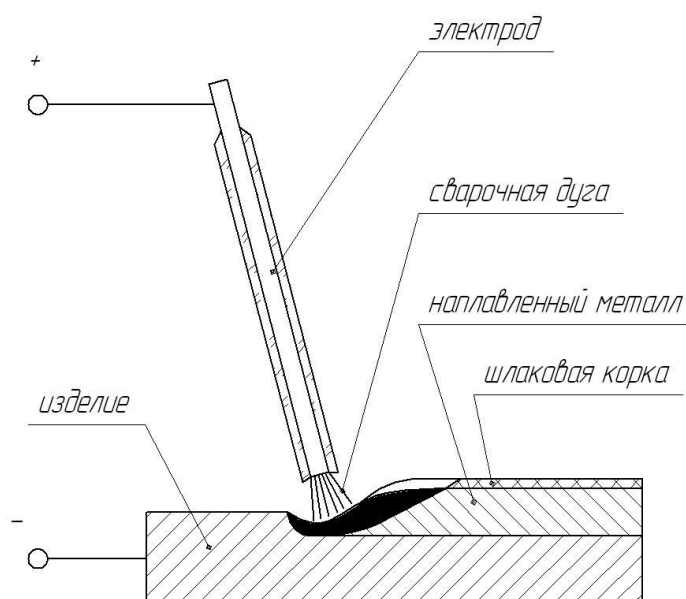


Рисунок 1.5 – Схема сварки с применением покрытых электродов

При ручной дуговой сварке алюминия используют нижнее положение изделия и ведение электрода осуществляют без колебаний его. Если сварной шов многослойный, выполнение корневого слоя должно вестись с применением электродов меньшего диаметра. После выполнения ремонтной сварки с поверхности изделия следует удалить шлак, снять избыток усиления шва и брызги металла. Для этого применяются скребки, пневматические фрезы или зубила.

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность сварочных и наплавочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества сварки и наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки.

Основным способом сварки алюминия и его сплавов, который используется в современном производстве, является способ ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Однако этот способ сварки характеризуется малой производительностью процесса. Альтернативой ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом является механизированная сварка плавящимся электродом в среде инертных газов.

Исследования показывают [1], что одним из решающих факторов улучшения качества швов, уменьшения сварочных деформаций и увеличения производительности является применение механизированного способа сварки плавящимся электродом взамен ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом.

Основным недостатком этого способа является большая вероятность образования пор в сварных швах. Этот недостаток устраняется при использовании способа импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов. Этот способ сварки обеспечивает струйный перенос металла в широком диапазоне режимов сварки, что обеспечивает отсутствие разбрызгивания и хорошее формирование сварных швов. При сварке импульсной дугой по сравнению со сваркой стационарной дугой значительно уменьшается пористость металла шва, несколько возрастает прочность сварных соединений.

Механизированная сварка легких сплавов проволокой сплошного сечения может быть выполнена с применением специальных импульсных источников. Формируемый в таких источниках питания импульс высокого напряжения разрушает оксидную пленку на поверхности алюминиевых деталей. Управляемое горение дуги позволяет стабилизировать перенос электродного металла, который проходит все необходимые стадии: плавление, формирование капли, переход капли на основной металл, кристаллизация. За счёт управления ванной расплава можно получить высокую стабильность качества сварных соединений. Импульсное управление горением сварочной дуги и переносом электродного металла позволяет существенно уменьшить разбрызгивание, повысить стабильность при возбуждении и горении дуги, существенно уменьшить сварочные напряжения и деформации, существенно повысить эксплуатационные свойства сварных соединений и наплавленных деталей.

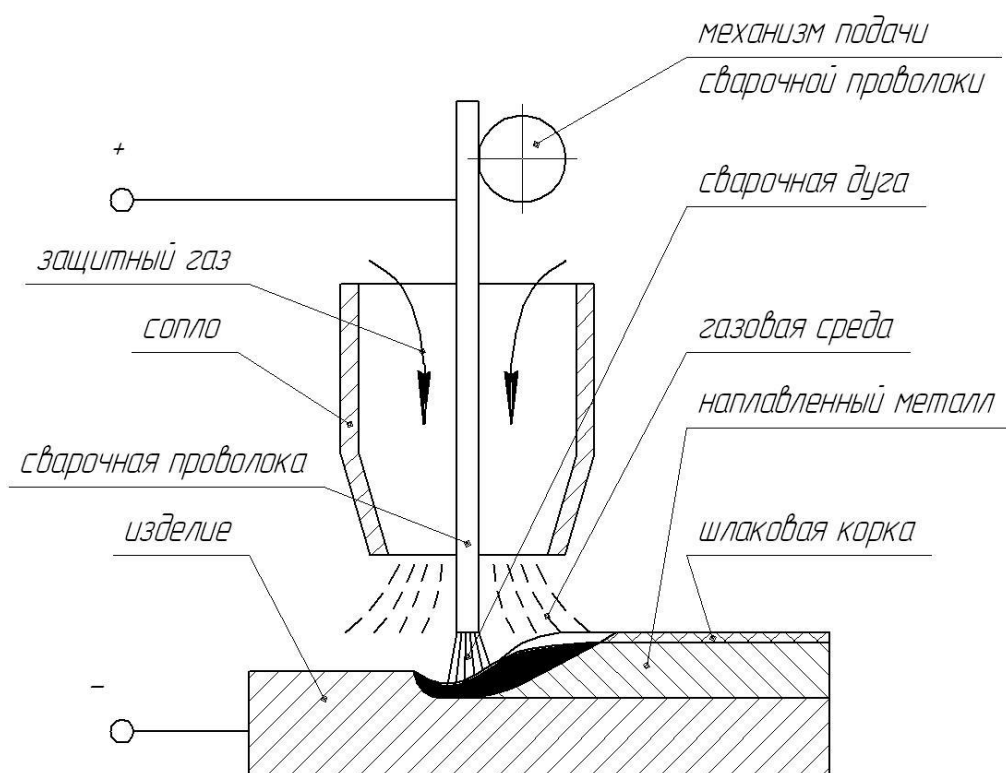
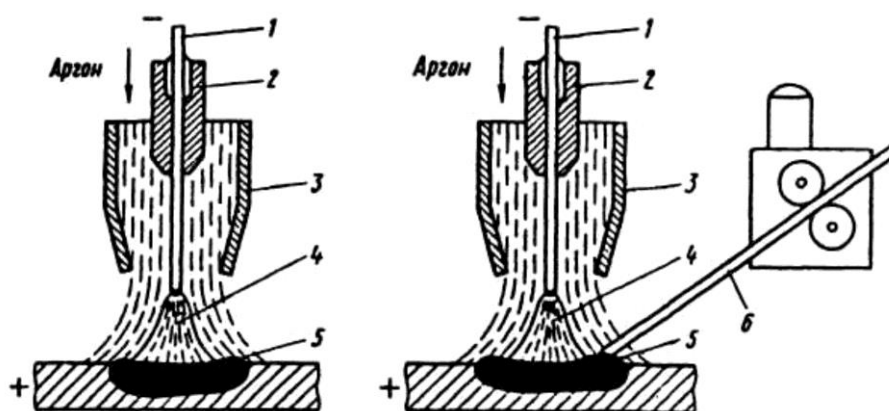


Рисунок 1.6 – Схема механизированной сварки с применением плавящегося электрода в среде инертного газа

При сварке с применением неплавящихся электродов в средах инертных газов дуга нагревается и расплавляет металл в зоне обработки. Инертный газ подается из газового сопла, он выполняет функцию зачистки сварочной ванны и электрода от атмосферы. В качестве газа применяются аргон, гелий или их различные смеси. При этом электрод выполняется из тугоплавкого материала, и располагается в центре газового сопла. Материал присадки подается в зону обработки непосредственно вручную. Питание дуги происходит за счет источника переменного тока, он же обеспечивает разрушение оксидных пленок.

Сварка неплавящимся электродом в инертном газе (TIG-сварка, Tungsten Inert Gas) начала активно развиваться с 60-х годов XX века, когда активное развитие получили авиационная и космическая техники. В данный момент сварка неплавящимся электродом в инертных газах позволяет получать соединения, удовлетворяющие самым высоким требованиям по

качеству. Благодаря этому она широко распространена при ремонте и изготовлении деталей из алюминиевых сплавов.



1 – электрод; 2 – зажим электрода; 3 – сопло; 4 – дуга; 5 – сварочная ванна; 6 – присадочный стержень

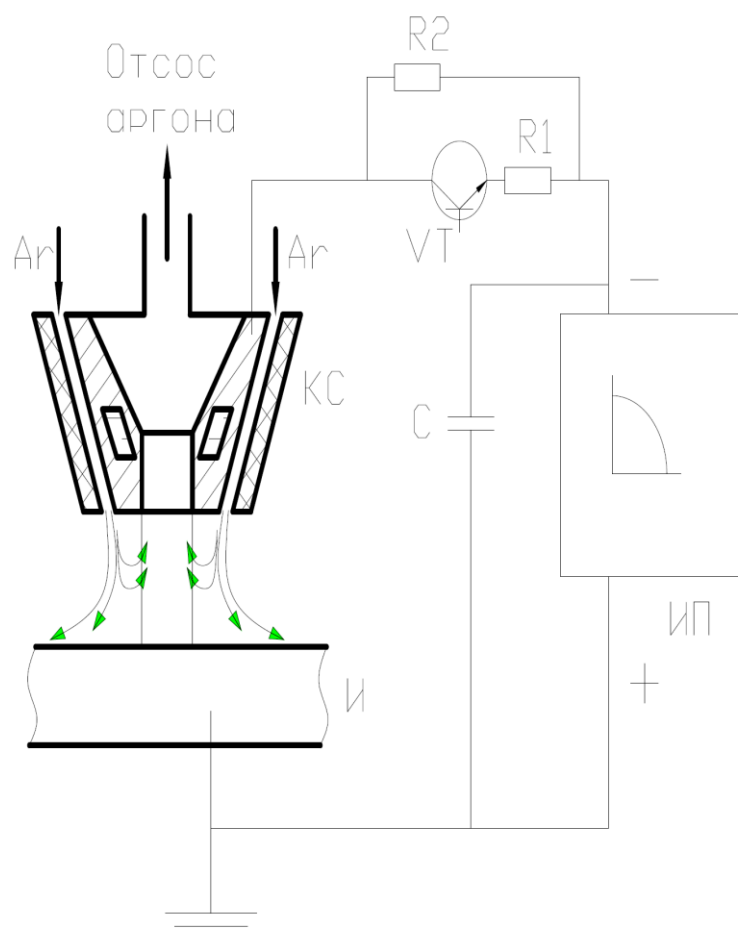
Рисунок 1.7 – Схема сварки неплавящимся электродом

В числе преимуществ TIG-сварки следует отметить: хороший внешний вид сварных соединений; высокое качество сварного шва; возможность регулирования процента наплавленного металла; малое термическое воздействие на изделие.

В качестве недостатков TIG-сварки следует отметить: малая производительность сварки; высокие требования к квалификации сварщиков; необходимость тщательной очистки присадочной проволоки и изделия.

С 1960-х годов одним из направлений развития дуговой наплавки стало совершенствование плазменно-дуговых способов. За короткий период решены сложные научно-технические вопросы, создано оборудование и производственная технология.

Отдельные способы плазменной и микроплазменной наплавки обладают заметными преимуществами не только перед дуговыми, но и другими видами, в том числе и основанными на более концентрированных источниках энергии. Тем не менее, плазменная наплавка, как особый вид наплавки плавлением, имеет значительные резервы для совершенствования [1, 7].



ИП – источник питания; И – изделие; КС – керамическое сопло; СЭ – сопло-электрод; R1, R2 – резисторы; VT – силовой транзистор; С – конденсатор

Рисунок 1.8 – Схема плазменной наплавки

Плазмотроны с обратным потоком плазмообразующего газа [8] имеют ряд преимуществ: небольшие габариты; простота конструкции; отсутствие вольфрамового неплавящегося электрода; низкую стоимость. Такие плазмотроны целесообразно применять при процессах наплавки, так как они позволяют отсасывать вредные вещества непосредственно из места их выделения, обеспечивают малое давление плазменного потока на поверхность металлической ванны, что приводит к уменьшению глубины проплавления основного металла.

В то же время, таким плазмотронам присущ недостаток: низкая стабильность их работы. В ряде случаев плазменная дуга перебрасывается с внутренней поверхности канала сопла на его наружный торец, при этом

плазменный процесс переходит в обычный дуговой, а хаотичное перемещение дуги по торцу сопла делает наплавку невозможной [9].

Дальнейшее развитие TIG-сварки получила в виде трёхфазной сварки неплавящимся электродом [10...15]. Сварка трёхфазной дугой использует два вольфрамовых электрода, к каждому из которых от трехфазного источника питания подводится переменный ток, третья фаза подключается к изделию. При этом происходит одновременное горение трёх дуг. Две дуги горят между электродами и изделием, а третья дуга – независимая и горит между электродами. Такая схема позволяет получить высокую устойчивость и производительность процесса сварки и наплавки.

Трёхфазная дуга позволяет регулировать вложение тепла в основной металл. Увеличение глубины проплавления происходит при последовательном включении сварочных электродов. Уменьшение глубины проплавления и увеличение ширины шва происходит при параллельном подключении электродов.

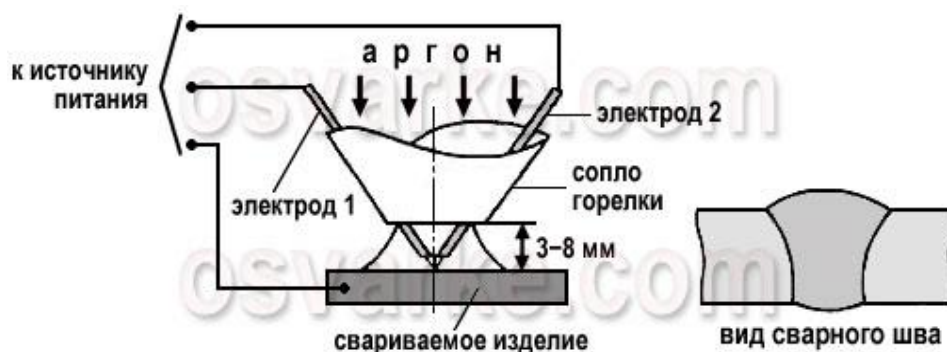


Рисунок 1.9 – Схема сварки трёхфазной дугой

Преимуществами сварки трёхфазной дугой являются: высокая производительность, высокая проплавляющая способность дуги; интенсивное катодное распыление оксидных плёнок на поверхности изделий из алюминиевых сплавов.

В качестве недостатков можно отметить необходимость обеспечения высокого качества подготовки присадочной проволоки.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления поршней судовых двигателей.

Обзор возможных способов ремонтной сварки выполнен с анализом таких способов, как ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в инертном газе проволокой сплошного сечения, ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в инертном газе, плазменная сварка, сварка трёхфазной дугой. Выполненный анализ способов ремонтной сварки позволил заключить, что сварка трехфазной дугой является самой оптимальной при заварке различных дефектов в алюминиевых деталях. Регулирование тепловой мощности дуги при трёхфазной ремонтной сварке возможно в диапазоне 500...5500 Вт. Трёхфазная дуга характеризуется большей концентрацией тепла по сравнению однофазной дугой. Сварка трёхфазной дугой повышает интенсивность процесса катодного распыления, что приводит к лучшему удалению оксидных плёнок из зоны сварки по сравнению со сваркой на однофазной дуге. Также необходимо отметить высокую стабильность горения трехфазной дуги

Использование трехфазной технологии сварки для ремонтной сварки применительно к ремонтной сварке поршней необходимо решить решались следующие задачи:

- 1) предложить проектную технологию ремонтной сварки, которая использовала бы в качестве тепла трехфазную дугу;
- 2) предложить оборудование и задать значения параметров режима ремонтной сварки.

2 Проектная технология ремонтной сварки

2.1 Подготовка к восстановлению

Для защиты невосстанавливаемых гладких и резьбовых отверстий от повреждений при нагреве, необходимо заглушить их тестообразной огнеупорной глиной, или другим защитными материалами.

Дефектные места должны быть разделаны до "здорового" металла без острых углов и заусенцев с плавными переходами в основании.

Участки поверхности головки поршня и прилегающие к разделанным дефектам на расстояний 20...30 мм должны быть зачищены до металлического блеска.

Концы трещин перед разделкой засверлить сверлом $\varnothing 12...18$ мм (в зависимости от расположения и глубины залегания трещины) на глубину, превышающую на 3...5 мм глубину залегания трещины. Разделку трещины проводить до полного выведения, глубина разделки должна на 2...3 мм превышать глубину залегания дефекта (рис. 2.1).

При скоплении трещин и раковин глубиной более 10 мм и интервалом между ними не менее 5-ти из глубин следует разделять всю поверхность в районе скопления повреждений.

Разделку сквозных трещин следует выполнять, как показано на рис. 2.1.

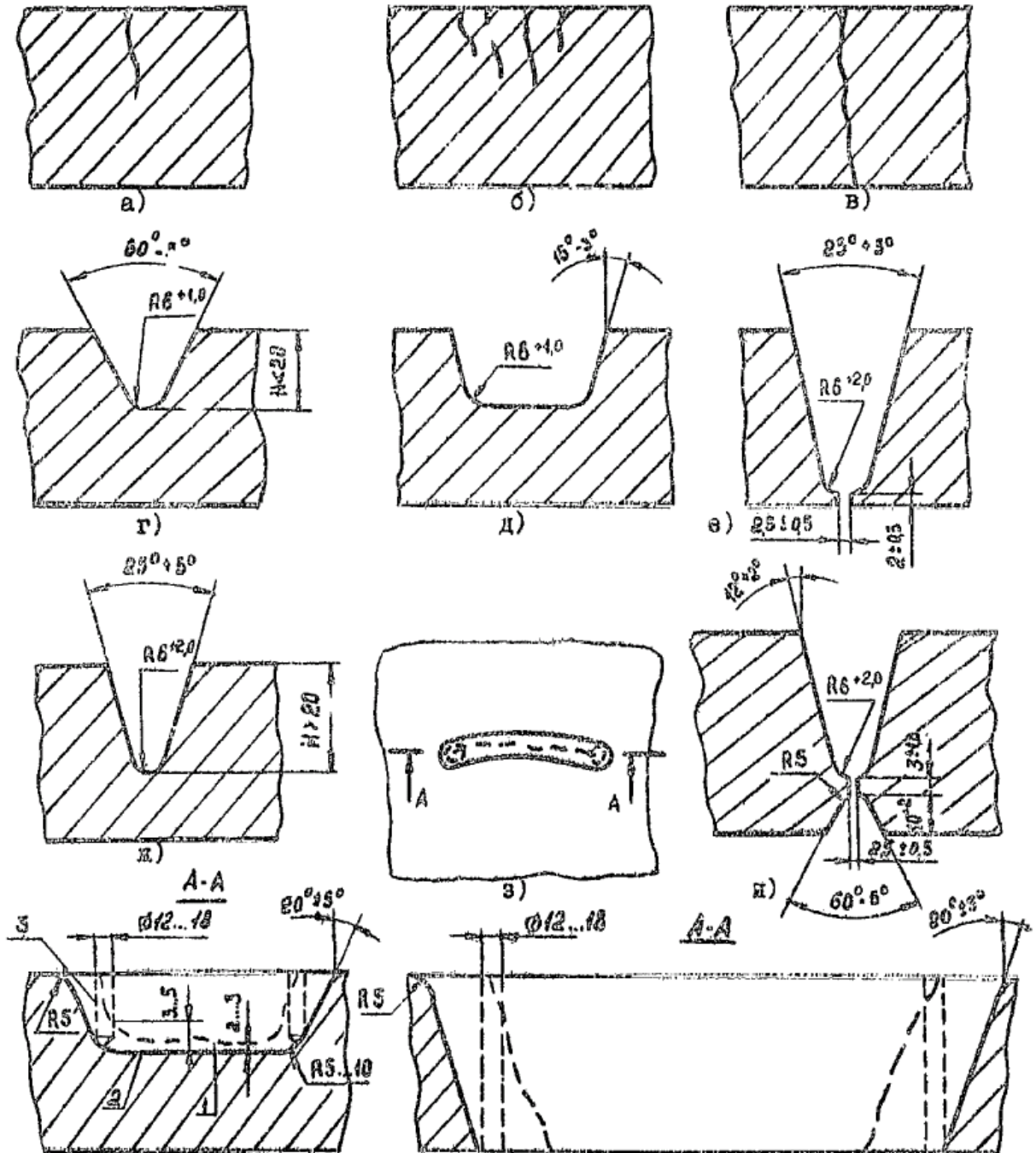
Единичные дефекты и скопления дефектов глубиной менее 5 мм следует удалить местной выборкой с обеспечением плавных переходов.

Трещину на поверхности полости охлаждения, недоступную разделке из-за конструктивных особенностей головок поршней, следует обработать по наружной поверхности в соответствии с рис. 2.1 как сквозную. При этом допускается выполнять разделку трещины с шириной корневого зазора более 3 мм.

Разделку дефектов производить слесарным инструментом с использованием пневматической турбинки, пневмодрели и т.п. Допускается

разделку поверхности до полного удаления дефектных участков производить одним из способов:

- 1) воздушно-дуговой строжкой;
- 2) ручной дуговой строжкой с использованием электродов типа АПР-2, ОЗР-1.



1 – трещина; 2 – граница разделки; 3 – засверловка трещины

Рисунок 2.1 – Разделка сквозных и несквозных дефектов под дуговую сварку

После строжки следует зачистить поверхность от шлака, окалины, наплывов и брызг до чистого металла.

Поверхности разделки и прилегающие зоны следует проверить на отсутствие трещин цветной или магнитной дефектоскопией.

При общем износе, а также значительных местных выгораниях и участках с сетками трещин со стороны камеры сгорания днище поршня следует проточить до чистого металла.

Детали, подлежащие ремонту, обезжиривают водного раствора NaOH с концентрацией 10 %, температура раствора – 60...70 °С. Окисная плёнка стравливается с поверхности деталей под воздействием щелочи за 2...3 минуту. После удаления окисной плёнки следует смыть остатки раствора с деталей проточной холодной водой. После этого детали просушивают сжатым воздухом.

Непосредственно перед сваркой выполняют окончательную зачистку на расстоянии 15...25 мм от места сварки с применением металлической щетки. Для зачистки следует применять щетки из нержавеющей сталей с диаметром проволоки не больше 0,15 мм. Использование наждачного круга или наждачной бумаги нецелесообразно, так как при этом они быстро забиваются стружкой. После механической очистки с применением стальной щетки кромки следует тщательно вытереть насухо с использованием чистой ветоши, удаляя все порошкообразные загрязнения. Сварку можно выполнять в течение 5...6 часов после очистки. Если за указанное время сварка не была проведена, следует проводить повторную зачистку кромок перед сваркой.

2.2 Выполнение ремонтной сварки изделия

Способ сварки осуществляется следующим образом (рис. 2.2). Изделие 1 устанавливают на сварочный стол, возбуждают межэлектродную дугу и устанавливают сварочную горелку 2 над свариваемым изделием. Для начала сварки присадочную проволоку 3 замыкают на изделие, на расстоянии не

менее 30 мм от оси сварочной горелки, так как на более близких расстояниях появляется эффект магнитного дутья, которое отрицательно сказывается на стабильности горения дуги, особенно на малых токах. Далее возбуждают дугу между двумя неплавящимися электродами и изделием 1, которое косвенно (через присадочную проволоку 3) подключено к средней фазе источника питания дуги 4, далее производят очистку поверхности изделия 1, находящегося под сварочной горелкой 2 до образования сварочной ванны по диаметру равной диаметру присадочной проволоки, что исключает перегрев как расплавленного металла, так и околошовки зоны изделия и способствует соединению основного металла с расплавленным металлом присадочной проволоки и при кристаллизации образует неразъемное соединение.

Затем в образовавшуюся сварочную ванну подают присадочную проволоку и, расплавляя ее дугой, заполняют сварочную ванну жидким металлом, образуя локальный шов. Образовав локальный шов, конец присадочной проволоки выводят из сварочной ванны и переносят горелку на расстояние одного диаметра сварочной ванны. Это условие необходимо для образования непрерывного сварочного шва. На оси шва вновь замыкают конец проволоки на изделие и процесс повторяют до выполнения всего шва.

Результатом применения предлагаемого способа сварки 3-х фазной дугой являются принципиально новые условия процесса, при котором свариваемое изделие отключается от фазы источника питания дуги. Во-первых, это дает возможность очистить металл от окисных пленок, тем самым повысить качество сварного шва. Во-вторых, это даёт возможность очистить металл от окисных плёнок, так как основная дуга горит на изделие, в момент очистки металла до образования сварочной ванны, а в момент сварки дуга большую часть времени горит на присадочную проволоку, что исключает перегрев основного металла и околошовки зоны.

В результате применения предлагаемого способа сварки 3-х фазной дугой изделий из легких сплавов, склонных к трещинообразованию, процент брака по сравнению с применяемой технологией снизится на 13%.

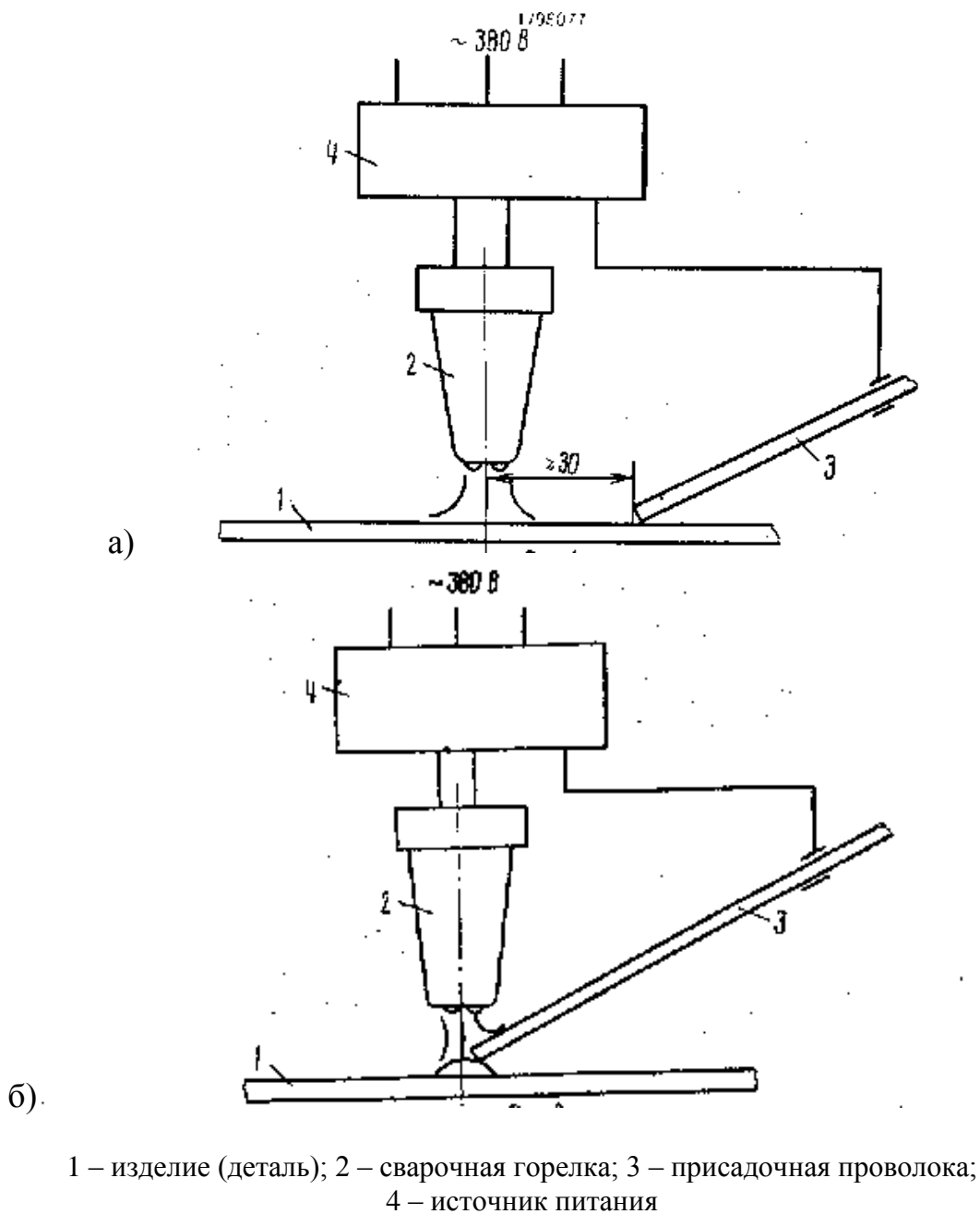


Рисунок 2.2 – Осуществление ремонтной сварки трёхфазной дугой: замыкания конца присадочной проволоки на изделие (а) и перенос конца присадочной проволоки в сварочную ванну (б)

На рис. 2.2, а показан момент замыкания конца присадочной проволоки на изделие на расстоянии 30 мм от оси горелки. На рис. 2.2, б показан момент переноса конца присадочной проволоки в сварочную ванну.

Таблица 2.1 – Приблизительные режимы аргонодуговой сварки
алюминиевых сплавов трехфазной дугой

d _э , мм		Ток на электродах	Ток на изделии	Расход аргона
Неплавя-щийся электрод	Приса-дочная проволока			
4	4	100...120 А	160...180 А	10 л/мин

Для заварки дефекта необходимо выполнить следующие действия:

- замкнуть присадочную проволоку на детали;
- развести сварочную ванну;
- произвести перемещение присадочной проволоки в сварочную ванну;
- наплавить валик.

Для регулирования количества наплавляемого металла следует чередовать переключения в процессе работы присадочной проволоки между сварочной горелкой и деталью.

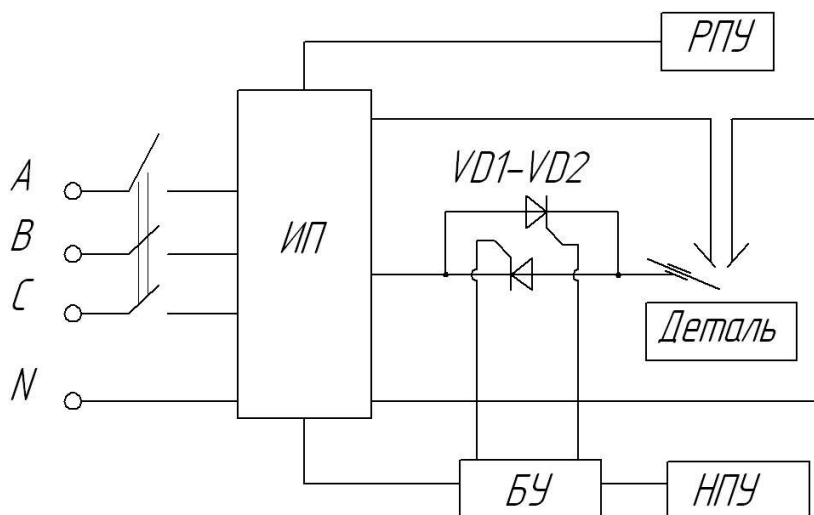
2.3 Оборудование для ремонтной сварки трёхфазной дугой

Для питания трёхфазной дуги применим разработанный в Тольяттинском государственном университете [16] источник питания УДГТ-315 (рис. 2.3). Этот источник питания характеризуется крутопадающей внешней вольтамперной характеристикой, которая задаётся сварочным трансформатором, имеющим увеличенный поток рассеяния. Регулирование тока сварки может быть проведено в диапазоне 135...550 А изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками. Подавление постоянной составляющей тока осуществляется конденсаторной батареей, включенной в цепь детали.



Рисунок 2.3 – Источник питания для трёхфазной сварки алюминиевых деталей

Повышение технологических возможностей сварочной установки возможно при использовании тиристорного регулятора тока VD1—VD2 (рис. 2.4), включаемого в сварочную цепь проволоки.



ИП – источник питания, БУ – блок управления, РПУ – ручной пульт управления, НПУ – ножной пульт управления, VD1-VD2 – тиристорный регулятор тока

Рисунок 2.4 – Блок-схема сварочного поста

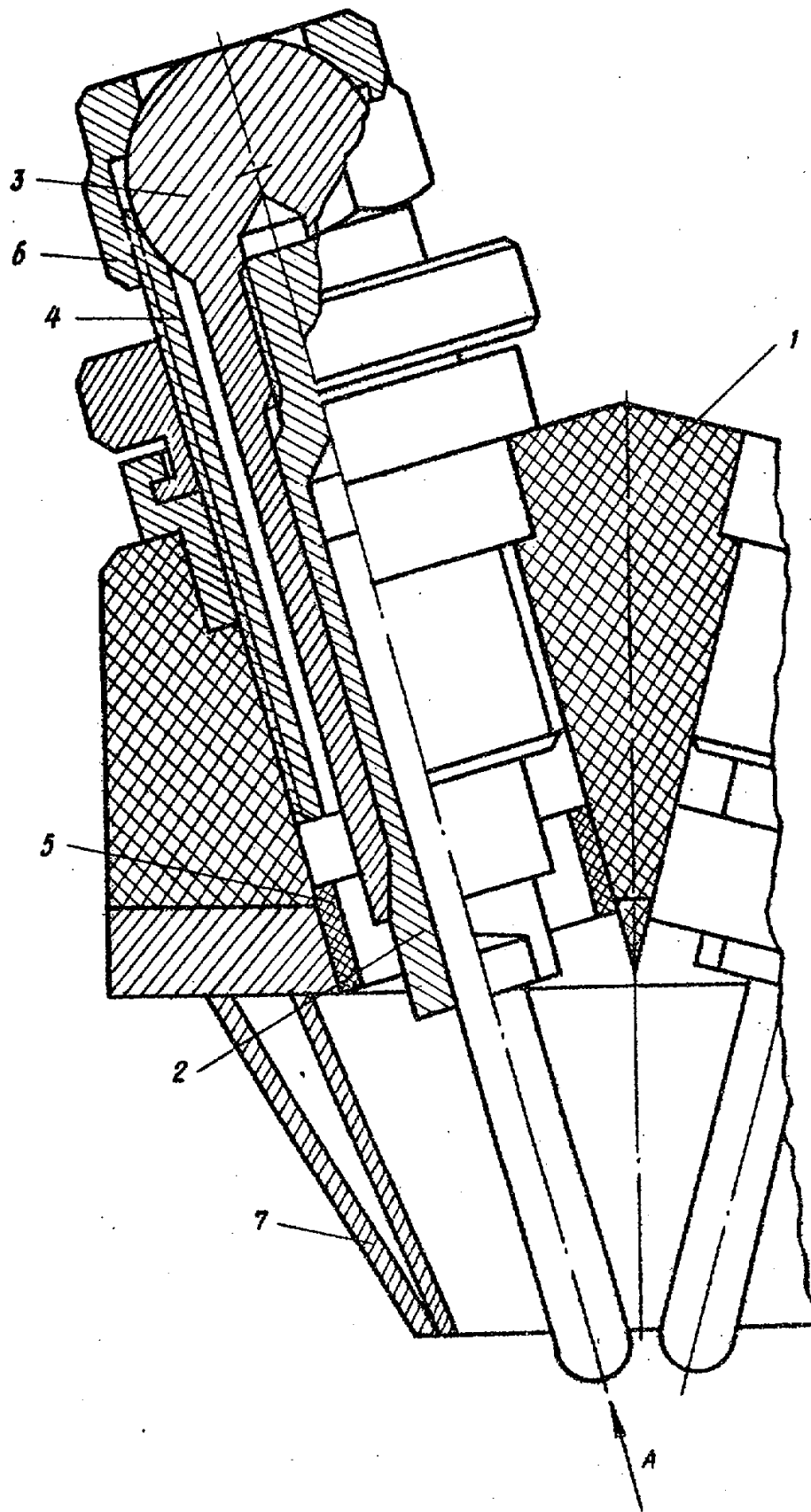
Такая схема позволяет обеспечивать плавное отпирание и запираание тиристоров в течение заданных промежутков времени, что позволяет изменять ток сварки.

Основным недостатком известных конструкций горелки для сварки трёхфазной дугой является вероятность нарушения центровки электродов

относительно выходного отверстия сопла при установке необходимого расстояния между электродами.

Предлагаемая горелка (рис. 2.5) для сварки трехфазной дугой неплавящимся электродом в среде защитных газов, содержащая корпус с каналами, в которых установлены цанговые электрододержатели, и сопло, снабжена двумя изоляционными втулками с овальным отверстием и в каждом из каналов установлены стакан со сферическим дном и расположенная с зазором по отношению к стакану концентричная ему наружная втулка со сферическим седлом, образующим шарнир с дном стакана, причем изоляционные втулки установлены в выходных отверстиях каналов, цанговые электрододержатели укреплены в упомянутых стаканах, плоские торцы которых расположены в овальных отверстиях изоляционных втулок, а ширина овального отверстия изоляционных втулок равна наружному диаметру стакана.

Предлагаемая горелка (рис. 2.4) содержит корпус 1 с каналами, в которых установлены цанговые электрододержатели 2, укрепленные в стаканах 3 со сферическим дном, расположенных в каналах корпуса. В тех же каналах установлены наружные втулки 4, концентричные стаканам. По отношению к стаканам втулки 4 установлены с зазором и выполнены со сферическим седлом, образующим шарнир с дном стакана. В выходных отверстиях каналов корпуса установлены изоляционные втулки 5 с овальными отверстиями, ширина которых равна наружному диаметру стаканов, плоские торцы которых расположены в упомянутых овальных отверстиях. Горелка снабжена также зажимной гайкой 6. Конструкция горелки позволяет регулировать положение электродов без нарушения центрации по отношению к выходному отверстию сопла 7 горелки.



1 – корпус; 2 – электрододержатель; 3 – стакан; 4 – направляющая втулка; 5 –
 изоляционная втулка; 6 – зажимная гайка; 7 – сопло

Рисунок 2.5 – Горелка для трёхфазной сварки неплавящимся электродом

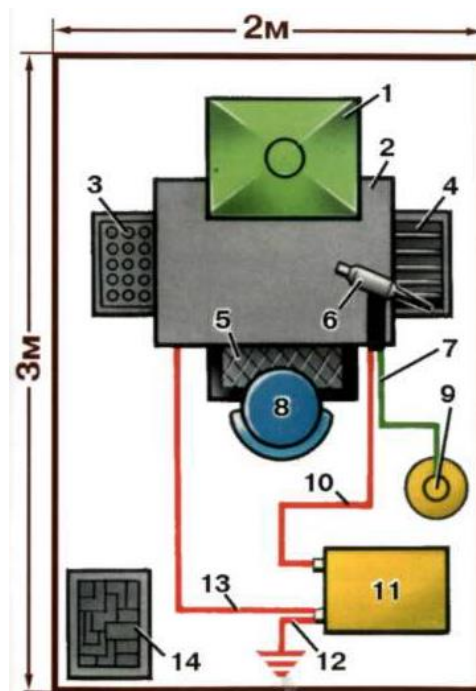
Сферический шарнир, образованный сферическим дном стакана и сферическим седлом втулки 4, позволяет отклонять электрод, установленный в цанговом электрододержателе, на необходимый угол в пределах, определяемых зазором между стаканом и втулкой 4. При отклонении цангового электрододержателя плоский торец стакана перемещается в овальном отверстии изоляционной втулки 5, выполняющем роль направляющих, предохраняющих цанговый электрододержатель, а вместе с ним и неплавящийся электрод от нарушения центрации электрода по отношению в выходному отверстию сопла.

Конструкция горелки позволяет осуществлять свободную регулировку зазора между электродами по оси сопла.

Таблица 2.2 – Характеристика установки УДГТ-315

Показатель	Значение	Ед.изм.
Габариты	1100x985x780	мм
Масса	250	кг
Номинальный ток сварки	315	А
Установленная мощность	47	кВ·А

Размещение оборудования для ремонтной сварки выполняется в соответствии с требованиями к безопасности работ. Минимальная полезная площадь кабины (рис. 2.6) должна быть 3 м², минимальная высота стен – 2 м, при этом между стенами и полом должен быть зазор – не менее 5 см. Сварочный пост должен быть укомплектован вентиляционной установкой для отсоса газов, аэрозолей и т.д.



1-элементы вентиляции, 2-рабочий стол, 3-ящик для электродов, 4-ящик для складирования деталей, 5-диэлектрический коврик, 6-горелка, 7-газовый рукав, 8-стул, 9-газовый баллон, 10-прямой провод, 11-источник питания дуги, 12-заземление, 13-обратный провод 14-ящик для отходов

Рисунок 2.6 – Организация рабочего места для сварки

Заключение по второму разделу

В ходе выполнения данного раздела исполнительного блока были решены следующие задачи: 1) предложить проектную технологию ремонтной сварки, которая использовала бы в качестве тепла трехфазную дугу; 2) предложить оборудование и задать значения параметров режима ремонтной сварки.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предполагает выполнение следующих мероприятий:

1) выполнить анализ опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих внедрение в производство проектной технологии, и предложить меры защиты от них; 2) оценить экономическую эффективность предлагаемых решений.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии ремонтной сварки поршней судового двигателя внутреннего сгорания. Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых требует затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение трёхфазной сварки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество ремонтной сварки.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая, компрессор, сверлильный станок	Моющий раствор, вода техническая, ацетон, дробь стальная
2. Заварка дефектного места	Электросварщик	Источник питания, сварочная горелка	Сварочная проволока, аргон

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
3. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер, контрольный стол	Масло, кисть

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Заварка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации 	Источник питания, сварочная горелка
3. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка	Сварочный стол, компрессор, ванна помывочная, сверлильный станок, источник питания, сварочная горелка, дефектоскоп	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

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

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция наплавки, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

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

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

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду. Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса. В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи ремонтной сварки поршней судового двигателя внутреннего сгорания. Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых требует затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение трёхфазной сварки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество ремонтной сварки.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		V	V
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	300	300
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	6	6
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт-з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	300000	800000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	10	10

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	4,7	4,7
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,85	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

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

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

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений

соответствующих переменных, получим:

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

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{маш}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{ВСП}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ВСП}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,21 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,874 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4.4)$$

где $F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на один стык трубопровода по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$П_{\text{г.баз.}} = 2054/1,21 = 1700 \text{ изделий за год};$$

$$П_{\text{г.проектн.}} = 2054/0,847 = 2425 \text{ изделий за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{\text{г}}=1000$ изделий в год.

Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot П_{\text{г}}}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (4.5)$$

где $П_{\text{г}}$ – годовая программа – принятое ранее количество стыков трубопровода, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{\text{вн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{1,21 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,57$$

$$n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{0,847 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,4$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{зб} = 0,57/1 = 0,57$$

$$K_{зп} = 0,4/1 = 0,4$$

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки

При ремонтной сварке поршней используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Проектная технология ремонтной сварки предусматривает применение сварки трехфазной дугой. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.2 – Нормы расхода сварочных материалов

	Наименование экономического показателя	Значение по базовому варианту	Значение по проектному варианту	Обозначение показателя	Размерность показателя
1	Цена защитного газа (аргон)	80	80	C_m	руб./м ³
2	Цена присадочной проволоки	130	130		руб./кг
3	Цена вольфрамового электрода	3000	300		руб./кг
4	Норма расхода аргона	0,0252	0,0216	N_p	м ³
5	Норма расхода присадочной проволоки	0,414	0,342		кг
6	Норма расхода: аргона вольфрамового электрода	0,000495	0,000468		кг

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии получением большого дефектов и необходимостью их исправления. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при сварке базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_B = (80 \cdot 0,0252 + 130 \cdot 0,414 + 3000 \cdot 0,000495) \cdot 1,05 = 60 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{ПР}} = (80 \cdot 0,0216 + 130 \cdot 0,342 + 3000 \cdot 0,000468) \cdot 1,05 = 50 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$.

Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (2.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 300 \cdot 1,21 \cdot 1,88 = 682 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 300 \cdot 0,847 \cdot 1,88 = 478 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\begin{aligned} Z_{\text{доп.базов.}} &= 682 \cdot 12 / 100 = 82 \text{ рубля,} \\ Z_{\text{доп.проектн.}} &= 478 \cdot 12 / 100 = 57 \text{ рублей,} \\ \text{ФЗП}_{\text{базов.}} &= 682 + 82 = 764 \text{ рублей,} \\ \text{ФЗП}_{\text{проектн.}} &= 478 + 57 = 535 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\begin{aligned} O_{\text{сбаз.}} &= 764 \cdot 34 / 100 = 260 \text{ руб.}, \\ O_{\text{спроектн.}} &= 535 \cdot 34 / 100 = 182 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Объём $Z_{об}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $A_{об}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{э-э}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{МАШ}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{об. б.}} = \frac{300000 \cdot 21,5 \cdot 1,21}{2054 \cdot 100} = 38 \text{ рублей,}$$

$$A_{\text{об. пр}} = \frac{800000 \cdot 21,5 \cdot 0,847}{2054 \cdot 100} = 71 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $M_{\text{уст}}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$C_{\text{э-э}}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{10 \cdot 1,21 \cdot 4,7}{0,85} = 67 \text{ рублей,}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{10 \cdot 0,847 \cdot 4,7}{0,85} = 47 \text{ рублей,}$$

$$Z_{\text{оббаз.}} = 38 + 67 = 105 \text{ руб,}$$

$$Z_{\text{обпроектн.}} = 71 + 47 = 118 \text{ руб.}$$

Финансовые потери на амортизацию площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{пл} = \frac{Ц_{пл} \cdot На_{пл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_{э} \cdot 100}, \quad (4.14)$$

где $На_{пл}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{пл}$ – цена приобретения площадей.

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{ПЛБ} = \frac{30000 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1,21}{2054 \cdot 100} = 5$$

$$A_{ПЛПР} = \frac{30000 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 0,847}{2054 \cdot 100} = 4$$

Финансовые потери на эксплуатацию площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$P_{пл} = \frac{C_{экспл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_{э}}, \quad (4.15)$$

где $C_{экспл}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{ПЛБ} = \frac{10000 \cdot 6 \cdot 1,21}{2054} = 35$$

$$P_{ПЛБ} = \frac{10000 \cdot 6 \cdot 0,847}{2054} = 25$$

Финансовые потери на эксплуатацию и содержание площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$З_{\text{ПЛ}} = P_{\text{ПЛ}} + A_{\text{ПЛ}}, \quad (4.16)$$

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\begin{aligned} З_{\text{ПЛБаз.}} &= 35 + 5 = 40 \text{ руб.}, \\ З_{\text{ПЛПроектн.}} &= 25 + 4 = 29 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\begin{aligned} C_{\text{ТЕХБаз.}} &= 60 + 764 + 260 + 105 + 40 = 1229 \text{ руб.} \\ C_{\text{ТЕХПроектн.}} &= 50 + 535 + 182 + 118 + 29 = 914 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1229 + 1,5 \cdot 682 = 1229 + 1023 = 2252 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 914 + 1,5 \cdot 478 = 914 + 717 = 1631 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{зав}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{завБаз.}} = 2252 + 1,15 \cdot 682 = 2252 + 784 = 3036 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{завПроектн.}} = 1631 + 1,15 \cdot 478 = 1631 + 550 = 2181 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.3).

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{з.б.}}, \quad (4.20)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Таблица 4.3 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	60	50
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	764	535
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	260	182
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	З _{об}	105	118
5. Объём финансовых затрат на технологические площади	З _{пл}	40	29
6. Величина технологической себестоимости	С _{тех}	1229	914
7. Объём цеховых расходов	Р _{цех}	1023	717
8. Величина цеховой себестоимости	С _{цех}	2252	1631
9. Объём заводских расходов	Р _{зав}	784	550
10. Величина заводской себестоимости	С _{зав}	3036	2181

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{СЛ}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.20) и (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ОБ.Баз.} = 300000 - (300000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 106500 \text{ рублей,}$$

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 106500 \cdot 0,57 = 60705 \text{ рублей}$$

Величину $K_{ОБЩ.ПР}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{ОБЩ.ПР} = K_{ОБ.ПР} + K_{ПЛ.ПР} + K_{СОП.ПР}, \quad (4.22)$$

где $K_{ОБ.ПР}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{ПЛ.ПР}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{СОП.ПР}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $K_{ОБ.ПР}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.23)$$

После подстановки в формулу (2.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,40 = 336000 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

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

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

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

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 300000 \cdot 0,05 = 15000 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 800000 \cdot 0,05 = 40000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 15000 + 40000 = 65000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 336000 + 65000 = 401000 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}} \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{доп}} = 401000 - 60705 = 340295 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{уд}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.28)$$

где Π_{Γ} – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{удБаз.}} = 60705/1000 = 60,7 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 401000 /1000 = 401 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% . \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,21 - 0,847}{1,21} \cdot 100\% = 30\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШГ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШГ}}} . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 30}{100 - 30} = 43\%$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{1229 - 914}{1229} \cdot 100\% = 26\%$$

Условно-годовую экономию $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_T . \quad (4.32)$$

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (3036 - 2181) \cdot 1000 = 855000 \text{ руб.}$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad . \quad (4.33)$$

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{\text{ок}} = \frac{340295}{855000} = 0,40$$

Годовой экономический эффект $\text{Э}_{\text{г}}$ в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Э}_{\text{г}} = \text{Э}_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

После подстановки в формулу (4.34) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Э}_{\text{г}} = 855000 - 0,33 \cdot 340295 = 742702 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии ремонтной сварки с применением аргонодуговой сварки неплавящимся электродом сопровождается получением дефектов и необходимостью переварки места ремонта. В проектном варианте технологии предложено использовать сварку трёхфазной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 30 %, увеличивается производительность труда на 43 %, уменьшается технологическая себестоимость на 26 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 0,855 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,742 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,4 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления поршней судовых двигателей.

Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых требует затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Обзор возможных способов ремонтной сварки выполнен с анализом таких способов, как ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в инертном газе проволокой сплошного сечения, ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в инертном газе, плазменная сварка, сварка трёхфазной дугой.

На основании выполненного анализа обоснована эффективность применения ремонтной сварки трехфазной дугой.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) предложить проектную технологию ремонтной сварки, которая использовала бы в качестве тепла трехфазную дугу; 2) предложить оборудование и задать значения параметров режима ремонтной сварки.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,742 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при ремонтной сварке поршней судовых двигателей.. Также результаты могут быть использованы при ремонтной сварке деталей машин из алюминиевых сплавов.

Список используемой литературы

1. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014
2. Зусин, В.Я. Восстановление канавок алюминиевых поршней тракторных двигателей импульсно-дуговой наплавкой в среде защитных азотов / В.Я. Зусин, Г.Н. Вайнер, В.Н. Черноиванов // Сварочное производство. – 1982. – № 11. – С. 37–38.
3. Воропай, Н.М. Двухдуговая наплавка алюминиевых поршней комбинированным – неплавящимся и плавящимся электродом / Н.М. Воропай, В.В. Лесных, В.А. Мищенко // Автоматическая сварка. – 1996. – № 6. – С. 21–25.
4. Чудинов, Б.А. Упрочнение верхней поршневой канавки поршней двигателей внутреннего сгорания ОАО «АВТОВАЗ», Тольятти, 2004 г. 13–16 апр. / Б.А. Чудинов, В.Ф. Жмиевский // Материалы 6-й Междунар. практ. конф.-выставки, С.-Пб., Альфаред, 2004. – С. 89–90.
5. Бондарев, А.А. Технология ремонта изношенных поршней / А.А. Бондарев // Сварщик. – 1999. – № 6. – С. 17.
6. Камкин, С.В. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок / С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.Ф. Большаков. – М.: Транспорт, 1996. – 422 с.
7. Макаренко, Н.А. Плазменно-дуговая наплавка силуминовых поршней двигателей внутреннего сгорания / Н.А. Макаренко – Труды 9-й Международной научно-практической конференции «Организация и технологии ремонта машин, механизмов, оборудования». – Киев. – 2007. – С. 67.
8. Cooper, C.H. Recent development in plasma welding / C.H. Cooper, J. Palermo, J.A. Browling // Welding Journal. – 2009. – № 4. – P. 268–276.
9. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А.И. Сидоров – М. : Машиностроение, 1987. – 187 с.

10. Короткова, Г.М. Динамические характеристики дуги переменного тока при сварке алюминиевых сплавов / Г.М. Короткова// Автоматическая сварка.-1984.-№ 11.-с.-30-32.

11. Короткова Г.М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов : монография / Г.М. Короткова. – Тольятти : ТГУ, 2009.- 335с.

12. Короткова Г.М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов : монография / Г.М. Короткова. – Тольятти : ТГУ, 2009.- 335с.

13. Ельцов, В.В. Объект исследований — трехфазная сварочная дуга / В.В. Ельцов // Сборник трудов к 40-летию кафедры ОТСП и 75-летию В.И. Столбова ; под ред. В. В. Масакова, В.П. Сидорова. - Тольятти : ТГУ, 2007. - С. 105-116.

14. Ельцов, В. В. Формирование сварочной ванны при наплавке трехфазной дугой неплавящимися электродами с подачей присадочной проволоки / В.В. Ельцов, В.П. Потехин, А.С. Зеленков // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2006. — № 12. - С. 2-6.

15. Ельцов, В.В. Ремонтная сварка и наплавка изделий из легких сплавов : учеб. пособие / В.В. Ельцов, В.Ф. Матягин.— Тольятти : ТГУ, 2007. – 215 с.

16. Столбов, В.И. Об управлении сварочным током в источниках питания трехфазной дуги./В.И. Столбов, В.А. Шаповалов, Р.А. Цепенев, Г.М.Короткова//Сварочное производство.—1982.— №10.—с.24-25.

17. Ельцов В. В., Комплект универсального оборудования для ремонтной сварки изделий из легких сплавов / В. В. Ельцов, В. И. Карелин, С. В. Кондрашова // Сварочное производство. – 1984. – № 9. – с. 35–36.

18. Столбов, В. И. Заварка дефектов алюминиевого литья трехфазной дугой / В. И. Столбов, В. А. Печенкина, В. В. Масаков // Сварочное производство, 1978. – № 10. – С. 19–20.

19. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
20. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
21. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
22. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
23. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
24. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.