

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Ремонт поршней двигателей внутреннего сгорания грузовых автомобилей и тракторов»

Студент	<u>Д.Г. Сорокин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>К.В. Моторин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

АННОТАЦИЯ

В процессе работы двигателя поршень с установленными кольцами совершает возвратно-поступательные движения внутри гильзы, в результате чего рабочая поверхность гильзы (зеркало цилиндра) подвергается постепенному износу. Также износу подвержены и сами компрессионные и маслосъемные кольца.

От исправности и состояния цилиндро-поршневой группы также зависит расход топлива и моторного масла, а также продолжительность срока службы двигателя до его капитального ремонта. Ремонт цилиндро-поршневой группы двигателя подразумевает замену маслосъемных и компрессионных колец, расточку блока цилиндров, установку новых поршней и шатунов, гильзовку блока цилиндров.

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления поршней двигателя внутреннего сгорания.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) разработать технологию ремонтной сварки с использованием в качестве источника тепла энергии трехфазной дуги; 2) произвести выбор оборудования и расчет параметров режима для выполнения ремонтной сварки; 3) обеспечить безопасность и экологичность проекта. 4) произвести оценку экономической эффективности предлагаемых решений.

Пояснительная записка состоит из 64 страниц, включает 20 библиографических наименований, 15 рисунков, 16 таблиц. Графическая часть состоит из 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА РЕМОНТА ПОРШНЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	
1.1 Описание изделия	7
1.2 Сведения о материале изделия	13
1.3 Операции базового процесса восстановления поршня	14
1.4 Анализ возможных способов ремонтной сварки	18
1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	24
2 ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ПОРШНЕЙ	
2.1 Подготовка к ремонтной сварке	26
2.2 Выбор защитного газа	27
2.3 Предлагаемый способ сварки	29
2.4 Сварочное оборудование	31
2.5 Контроль качества ремонтной сварки	35
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Составление технологической характеристики объекта	39
3.2 Формулировка персональных рисков, сопровождающих внедрение проектной технологии в производство	41
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	42
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	43
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	44
3.6 Составление заключения по экологическому разделу	45
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	

ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	
4.1 Исходные данные для экономического обоснования	46
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	48
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой	49
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	51
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	55
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	56
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	58
4.8 Заключение по экономическому разделу	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	62

ВВЕДЕНИЕ

Поршни двигателя внутреннего сгорания изготавливают из различных алюминиевых сплавов. При их ремонте возможно применение различных способов наплавки. При эксплуатации дизельных и бензиновых двигателей тракторов и грузовых автомобилей детали двигателя часто подвергаются максимальным нагрузкам в течение длительного периода времени. Такая эксплуатация и возникающие при работе перегрузки негативно влияют на поверхности деталей двигателей. Поэтому есть постоянная необходимость обновления или восстановления изношенных поверхностей поршней ДВС. Также проблемой является постоянное отсутствие запасных частей для оборудования, изготовленного мелкой серией.

В простейшем варианте задачу ремонта решаются дуговой наплавкой, в основном используя дугу, горящую на плавящемся электроде. Однако при таком способе наплавки приходится устранять ряд недостатков: во-первых, становится необходимой проведение предварительной разделки кромок в теле поршня. Во-вторых, форсированные режимы наплавки приводят к интенсивному разбрызгиванию электродного металла и появлению повышенной пористости наплавленного металла. В-третьих, тепловой режим дуговой наплавки алюминиевых сплавов способствует формированию крупнозернистой структуры наплавленного металла, что существенно снижает износостойкость наплавленных поршней.

Самым предпочтительным для промышленного применения считаются способы наплавки и упрочнения поршней ДВС [3], однако на сегодняшний день есть другие способы, к примеру, плазменное термоупрочнение канавок поршней ДВС автомобилей [4], электронно-лучевое восстановление поршней ДВС [5].

Поршень - одна из деталей, влияющих на долговечность двигателя. Широкое применение алюминиевых поршней в тракторных двигателях

вместо чугунных объясняется их преимуществом перед последними: имеют значительно меньшую массу (что способствует снижению сил инерции, нагружающих детали кривошипно-шатунного механизма, уменьшению сил трения, снижению износа), а также обладают более высокой теплопроводностью, благодаря чему в процессе работы они меньше нагреваются.

В процессе работы двигателя поршень с установленными кольцами совершает возвратно-поступательные движения внутри гильзы, в результате чего рабочая поверхность гильзы (зеркало цилиндра) подвергается постепенному износу. Также износу подвержены и сами компрессионные и маслосъемные кольца. От исправности и состояния цилиндро-поршневой группы также зависит расход топлива и моторного масла, а также продолжительность срока службы двигателя до его капитального ремонта. Ремонт цилиндро-поршневой группы двигателя подразумевает замену маслосъемных и компрессионных колец, расточку блока цилиндров, установку новых поршней и шатунов, гильзовку блока цилиндров. Потребность в поршнях как запасных частях весьма значительна, поэтому разработка технологии их качественного восстановления является важной задачей ремонтного производства.

Необходимость устранения недостатков сварки неплавящимся электродом в инертных газах делает необходимым постоянные усовершенствования этого способа. Развитие TIG-сварки наряду с использованием различных сварочных и вспомогательных материалов (флюсов и паст, присадочных проволок, смесей газов) опирается на способы и методы изменения энергетических характеристик процесса, что позволяет эффективно влиять на тепловложение при сварке.

Одним из направлений совершенствования сварки неплавящимся электродом является использование трёхфазной дуги.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления поршней двигателя внутреннего сгорания.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА РЕМОНТА ПОРШНЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

1.1 Описание изделия

Цилиндропоршневая группа двигателя внутреннего сгорания – поршень с компрессионными и маслосъемными кольцами, которые называются поршневыми кольцами, а также гильза цилиндра. Кольца установлены в специальные канавки на поршне. Именно поршневые кольца вступают в контакт с рабочей поверхностью цилиндра, а точнее с гильзой.

Поршень — один из основных составных элементов КШМ. Главной задачей детали становится принятие давления активно расширяющихся и сильно разогретых газов, которые образуются в рабочей камере при сгорании топливно-воздушной смеси. Полученная энергия от воздействия указанных газов на поршень далее передается на шатун. Поршень имеет три части, которые отвечают за реализацию различных функций. К таковым частям относят днище поршня, уплотняющую часть и направляющую часть поршня. Поршень испытывает значительные тепловые и механические нагрузки в процессе работы двигателя. Основным материалом для изготовления поршня сегодня выступают алюминиевые сплавы, ранее активно использовался чугун. Поршень совершает возвратно-поступательные движения в гильзе цилиндра, которая размещена в блоке цилиндров ДВС.

Головка поршня бывает плоской, выпуклой, может иметь вогнутую форму и т.п. В различных ДВС форма головки поршня зависит от того, как расположены свечи зажигания, инжекторные форсунки, впускные и выпускные клапаны и т.д. Для бензиновых двигателей камера сгорания

выполняется отдельно, но для дизельного мотора данная камера изготовлена прямо в головке поршня.

Увеличение зазора между поршнями и цилиндрами, износ канавок поршневых колец и отверстий под поршневые пальцы приводит к необходимости восстановления поршней. При износе поршней возникает потеря компрессии и мощности двигателя, повышается расход смазки и ГСМ, при этом также происходит разжижение смазки, увеличивается образование нагара, детонация и стук поршневых пальцев. Зачастую происходит износ торцев канавок поршневых колец, в особенности верхней канавки. Период эксплуатации поршней зависит не столько от износа юбки, сколько от износа самих канавок. Износ отверстий под поршневые пальцы также не уменьшает период эксплуатации поршней. В случае необходимости эти отверстия просто и быстро развертывают под поршневые пальцы ремонтного размера, в том числе при текущей эксплуатации.

Восстановление поршней двигателя – очень трудоемкий и специфический процесс, который требует высокую квалификацию персонала. Зачастую восстановление поршней и установка их на двигатель, с которого сняты, не возможна. По этой причине изношенные поршни зачастую не ремонтируются, а заменяются новыми.

Потребности в поршнях в качестве запасных частей весьма значительны, ввиду этого разработка технологий их качественного ремонта является наиболее важной задачей ремонтного производства.

Выбраковку поршней производят по износу первой канавки, диаметру юбки и диаметру отверстия в бобышке. При анализе измерений приходящих в ремонт поршней установлено, что наибольший износ приходится на соединение первого поршневого кольца - канавки поршня. Долговечность рассматриваемого соединения вдвое ниже долговечности остальных деталей поршня. Ускоренный износ первой канавки можно объяснить отводом основного количества теплоты, которая воспринимается поршнем, через

верхнее поршневое кольцо. Допустимые температуры в границах верхнего поршневого кольца порядка 220-250°C. Работа в условиях более высоких температур приводит к коксованию масла, ввиду чего кольцо снижает подвижность, при этом возрастает скорость износа соединения первого поршневого кольца - канавки поршня. Не допускается при работе алюминиевых поршней температура выше 450°C по причине снижения их прочности.

При работе ДВС в системе поршень-гильза происходят обратнопоступательные движения с высокими значениями скоростей, а также огромными нагрузками. Ненадлежащее техническое обслуживание может привести к ускоренному износу элементов и вызвать частичную техническую неисправность двигателя или вовсе полный отказ.

В большинстве случаев диагностика позволяет выявить лишь малую часть проблем. Определить техническое состояние и причины поломки можно при осмотре отдельных компонентов, что поможет сделать приведенная ниже информация.

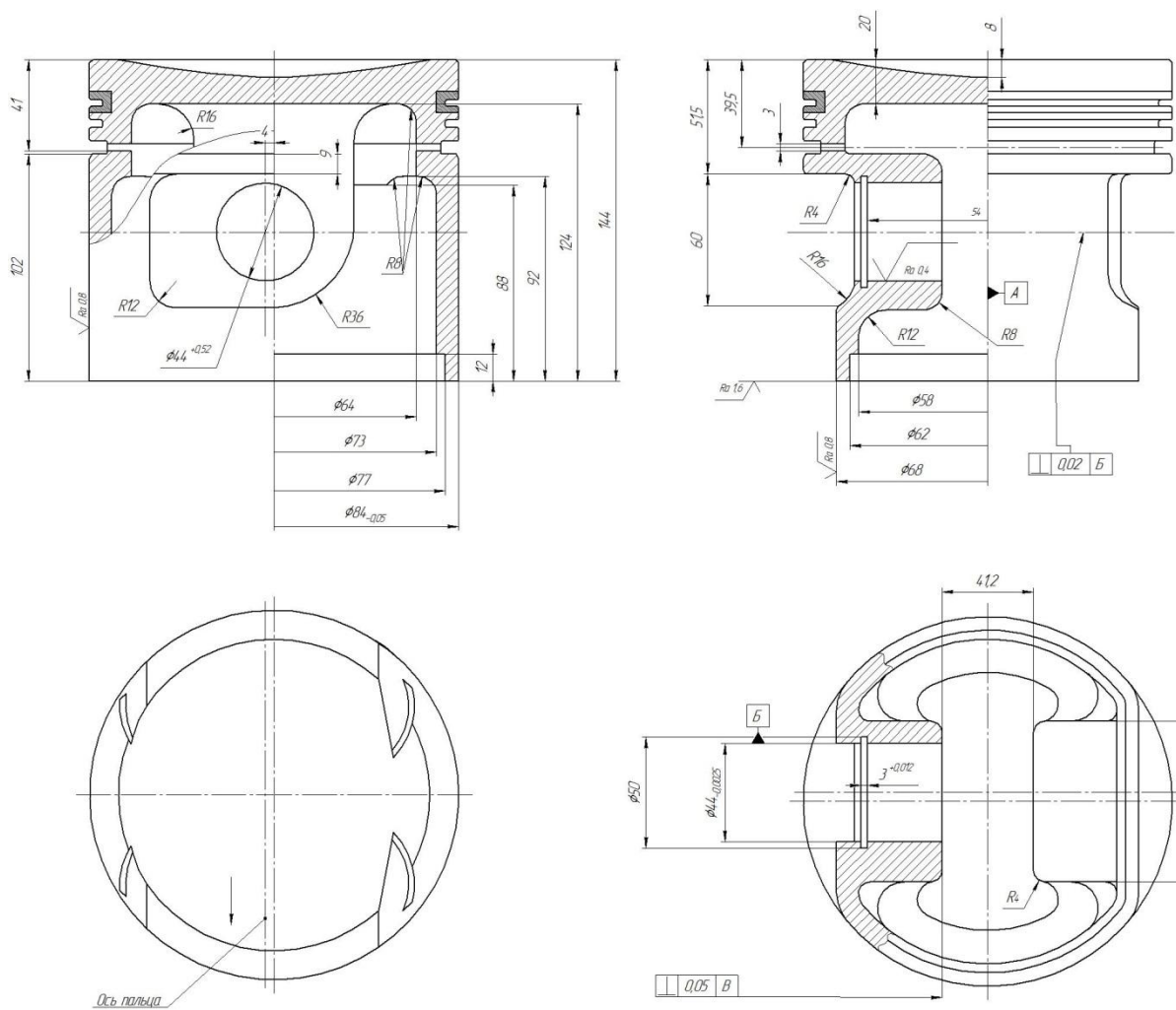


Рисунок 1.1 – Поршень грузового автомобиля DAEWOO Novus

Таблица 1.1 – Основные повреждения поршня двигателя

№	Наименование дефекта	Эскиз	Причина
1	2	3	4
1	Эрозия материала на днище поршня		1) Неисправная форсунка; 2) Неисправный нагнетательный клапан в топливном насосе

2	Эрозия на днище и жаровом поясе поршня		<p>1) Качество топлива не соответствует степени сжатия двигателя;</p> <p>2) Бензин в дизельном топливе, масло в камере сгорания</p> <p>3) Ненадлежащий угол опережения зажигания</p> <p>4) Негерметичные выпускные клапаны;</p> <p>5) Значительное количество нагара в камере сгорания;</p> <p>6) Слишком высокая температура впускного воздуха, общий перегрев</p>
3	Прихват от перегрева, в основном на головке поршня		<p>1) Эксплуатация необкатанного двигателя с высокими нагрузками;</p> <p>2) Повышенная температура в камере сгорания из-за неисправности системы питания;</p> <p>3) Неисправность системы охлаждения</p>
4	Разрушение перемычек между канавками поршневых колец		<p>1) Неисправная форсунка;</p> <p>2) Низкая компрессия в цилиндре;</p> <p>3) Цилиндр при неработающем двигателе заполнился водой или топливом (гидроудар)</p>

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
5	Трещины на днище и вокруг камеры сгорания в поршне		<p>1) Неисправность системы питания; 2) Перегрев двигателя; 3) Неисправность моторного тормоза</p>
6	Износ поверхностей из-за избытка топлива в камере сгорания		<p>1) Избыток топлива в камере сгорания в дизеле из-за неисправности топливной системы; 2) Пониженная компрессия; 3) На дизелях ненадлежащий зазор между поршнем и головкой</p>
7	Задиры при недостаточном зазоре между поршнем и цилиндром		<p>1) Ненадлежащая обработка блока при ремонте - диаметр цилиндра меньше допустимого размера; 2) Головка блока перетянута или затянута неравномерно, повреждена или загрязнена резьба на элементах крепления головки к блоку цилиндров, не смазаны опорные места для гаек и болтов в головке; 3) Имеются повреждения привалочных поверхностей блока цилиндров и головки блока; Некачественная прокладка головки блока; 4) Деформация цилиндров из-за неравномерного охлаждения - накипь или грязь в системе охлаждения; 5) Не подготовлены посадочные места для гильз в блоке; 6) Нагружение двигателя без предварительного прогрева.</p>

1.2 Сведения о материале изделия

Поршни изготавливают из алюминиевых сплавов типа АК4, АК18.

Металлургические проблемы, вызванные влиянием тепловложения при сварке, характерны для всех способов сварки плавлением и уменьшаются при использовании процессов с концентрированной энергией, где тепловложение носит локальный характер, и ЗТВ намного меньше. Сварка трением с перемешиванием сопровождается меньшими металлургическими проблемами.

В процессах, где используется концентрированная энергия, наличие пленки Al_2O_3 на поверхностях заготовок, подвергающихся сварке, не влияет на качество металла шва, хотя желательна их предварительная очистка.

Традиционные способы сварки дают более низкие значения механических свойств металла, чем у основного материала в пределах 20...35 %. Значительное влияние на уровень свойств оказывает металлургическое состояние основного материала. В частности, незначительное или даже нулевое уменьшение обнаружено только в процессе сварки трением с перемешиванием, при котором усталостные характеристики стыковых соединений полностью соответствуют показателям основного металла.

Все способы сварки плавлением, за исключением сварки трением с перемешиванием, сопровождаются появлением пор в металле швов.

1.3 Операции базового процесса восстановления поршня

По базовому варианту восстановительная сварка выполняется на участке восстановления (рис. 1.2), который оснащён местной системой отсоса воздуха, сварочной оснасткой, источниками питания дуги.



Рисунок 1.2 – Участок для восстановления деталей

Дефектовка деталей для восстановления производится внешним осмотром, кроме этого применяется специализированный инструмент, а также приборы и приспособления. В результате дефектовки маркируем детали краской. Детали пригодные к работе отмечаем зеленой краской, для которых необходим ремонт отмечаем желтой краской, непригодные отмечаем красной краской. Все годные детали отправляем в цех комплектовки для последующей сборки ДВС автомобиля и эксплуатации.

Детали, которые подлежат ремонту, обезжириваются с применением 10%-го водного раствора NaOH, при температуре 60...70 °С. Стравливание окисной пленки на деталях с поверхности происходит за 2...3 минут под воздействием щелочи. После этого остатки раствора смываются с

обработанных поверхностей деталей холодной проточной водой. Далее производится сушка деталей с применением сжатого воздуха.

Окончательная зачистка детали на величине 15...25 мм производится непосредственно перед операцией сварки за счет металлической щетки. Рекомендуется использовать щетки из нержавеющей сталей (при диаметре проволоки не больше 0,15 мм). Наждачный круг или бумагу использовать не следует, ввиду их быстрого забивания стружкой, которая впоследствии оставляет на обрабатываемых поверхностях царапины. В них забиваются небольшие частицы камней или бумаги, это при сварке приводит к образованию пор. После очистки стальной щеткой кромка тщательно вытирается насухо чистой ветошью с целью удаления порошкообразных веществ. Зачищенные кромки готовы к сварке на период 5...6 часов. Если операцию сварки не выполнить за это время, необходима повторная зачистка кромок.

Непосредственно перед ремонтом дефекта выполняется подготовка. Разделка и выборка дефектного металла производится при помощи ручной фрезы.

Для восстановительной сварки используем источник переменного тока, в качестве инструмента неплавящиеся вольфрамовые электроды, и инертный газ аргон для выполнения газовой защиты шва. Наилучшие результаты при сварке достигаются при использовании лантанированных электродов. При этом при добавке в вольфрам примерно 1,5...2% окислов лантана увеличивается период их стойкости и возможно увеличение тока сварки на 15%. Рабочий конец электрода перед операцией сварки затачивается под конус с углом 60° на длине 2...3 от диаметра электрода.

Для защиты сварочной ванны применяется аргон высшего по ГОСТ 10157-79. Поставка аргона осуществляется в баллонах (рис. 1.3) с рабочим давлением 15 МПа, при этом каждый баллон включает в себя $6,2 \text{ м}^3$ газообразного аргона. Все баллоны для аргона окрашиваются в серый цвет, и имеют надписи зеленого цвета.

Для сварки применяем сварочный источник питания УДГУ-351 (рис. 1.4).



Рисунок 1.3 – Баллон для аргона с поплавковым ротаметром и редуктором



Рисунок 1.4 – Источник питания УДГУ-351

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 ремонтной сварки дефектное место очищается от брызг и загрязнений, и подвергается дальнейшему внешнему осмотру сварного соединения и прилегающего к нему основного металла на величине не меньше 20 мм с каждой стороны от шва. Производится восстановление геометрии поверхности поршня с применением операции фрезерования.

Для нахождения внутренних дефектов используют ультразвуковой метод, при нем обработанная поверхность детали смазывается техническим маслом и на неё устанавливается преобразователь от дефектоскопа УД 2-102 (рис. 3.4). При смещении преобразователя по всей длине детали на экране видны сигналы, по которым определяется тип того или иного дефекта.

Последующая дополнительная обработка детали после операции сварки выполняется следующим образом.



Рисунок 1.5 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-102



Поверхность поршня до восстановления



Фрезерование дефекта



Наплавка рабочей поверхности поршня



Фрезерование рабочей поверхности поршня

Рисунок 1.6 – Этапы восстановления рабочей поверхности поршня

1.4 Анализ возможных способов ремонтной сварки

Как альтернативные способы восстановительной сварки деталей из алюминиевых сплавов рассматриваем следующие способы:

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

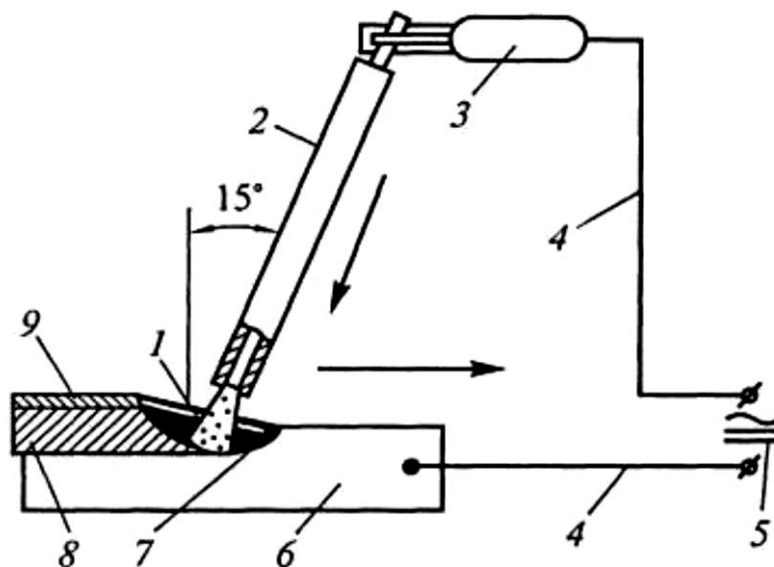
Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Сварка алюминия с применением покрытых электродов выполняется с применением постоянного тока обратной полярности. Источник питания включает выпрямитель с падающей характеристикой. Сварку выполняют на короткой дуге, при наклоне электрода $60...90^\circ$, это улучшает визуальный контроль за ванной расплава. Перед операцией сварки восстанавливаемые детали подогревают газовым пламенем до температур примерно $150...200^\circ\text{C}$.

Ручную дуговую сварку алюминия с применением покрытых электродов рекомендуют исключительно в нижнем положении и, обычно, без колебаний конца электрода. Сварку угловых швов для таврового соединения выполняют на тех же сварочных режимах, что и для стыковых соединений. При многослойной сварке корневые швы выполняются электродами меньшего диаметра. После операции сварки с поверхности шва необходимо удалить шлак. Лишнее усиление шва и брызги металла электрода удаляются с применением скребков, пневматических фрез или зубил.

К преимуществам способа можно отнести высокую мобильность способа, дешевизну и простоту используемого оборудования. В настоящее время предлагаются различные покрытые электроды, которые позволяют получить хорошее качество сварки для алюминиевых сплавов.

К недостаткам способа можно отнести: разбрызгивание металла; большую зону термического воздействия; зависимость качества ремонта дефектов от квалификации исполнителя; малая производительность операции.



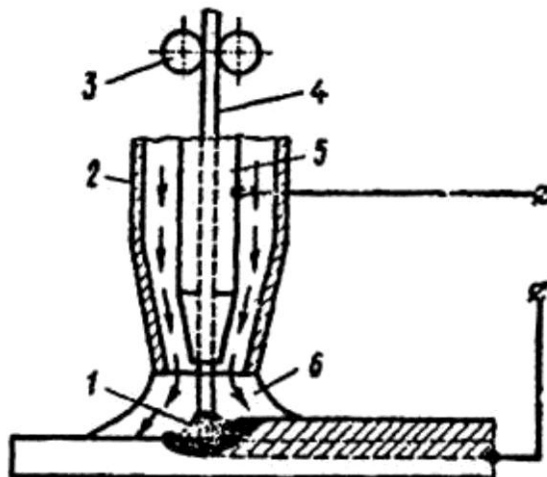
1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – электрододержатель, 4 – сварочные провода; 5 – источник питания; 6 – восстанавливаемая деталь; 7 – ванна расплава; 8 – сварное соединение; 9 – шлаковая корка

Рисунок 1.7 – Схема сварки с применением покрытых электродов

Механизированная сварка плавящимся электродом в инертном газе

В настоящее время для операции механизированной сварки легких сплавов предлагаются специальные импульсные источники с импульсом высокого напряжения, который разбивает оксидную пленку, и последующим снижением напряжения до базовых значений. При этом расплавленный электродный материал проходит все этапы от формирования и переноса в ванну расплава. Управление ванной расплава обеспечивает высокое качество сварного соединения. При использовании импульсной сварки можно получить некоторые технологические преимущества: уменьшается разбрызгивание электродного металла, увеличивается стабильность при возбуждении и горении дуги, снижаются сварочные деформации, качество

сварного шва ввиду высокой концентрации энергии, повышаются условия кристаллизации ванны расплава. Использование импульсной подачи для электродной проволоки сильно увеличивает эффективность процесса механизированной сварки для деталей из алюминиевых сплавов.



- 1 – электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики;
4 – электродная проволока; 5 – токоподводящий мундштук;
6 – защитный инертный газ

Рисунок 1.8 – Схема механизированной сварки с применением плавящегося электрода в среде инертного газа

Процесс механизированной сварки плавящимся электродом во времени ориентировочно в три раза быстрее, чем процесс сварки неплавящимся электродом, но качество для последнего процесса выше. Технология сварки деталей из алюминия на полуавтомате в сравнении со сваркой стальных деталей имеет технические особенности:

- алюминий и его сплавы не свариваются с использованием постоянного тока прямой полярности, для этого применяют ток обратной полярности;
- жесткость алюминиевой проволоки значительно ниже, чем стальной, поэтому увеличивается вероятность образования петель (рис. 1.9) даже при малых сопротивлениях в рукаве подачи. Для борьбы с этим применяется механизм подачи с использованием 4-мя роликов, уменьшается длина рукава

подачи и устанавливается тефлоновый вкладыш в него для снижения сопротивления трению.



Рисунок 1.9 – Смятие алюминиевой проволоки в механизме подачи

- при нагреве алюминия его расширение выше в сравнении со сталью, из-за этого проволока может застрять в токосъемнике. Для предотвращения необходимо применить наконечник с увеличенным диаметром отверстия;
- ввиду быстрого плавления проволоки из алюминия в сравнении со стальной проволокой, при сварке необходимо обеспечить требуемую скорость подачи проволоки – более высокую, чем для стальной проволоки. Если это не сделать произойдет оплавление наконечника горелки.

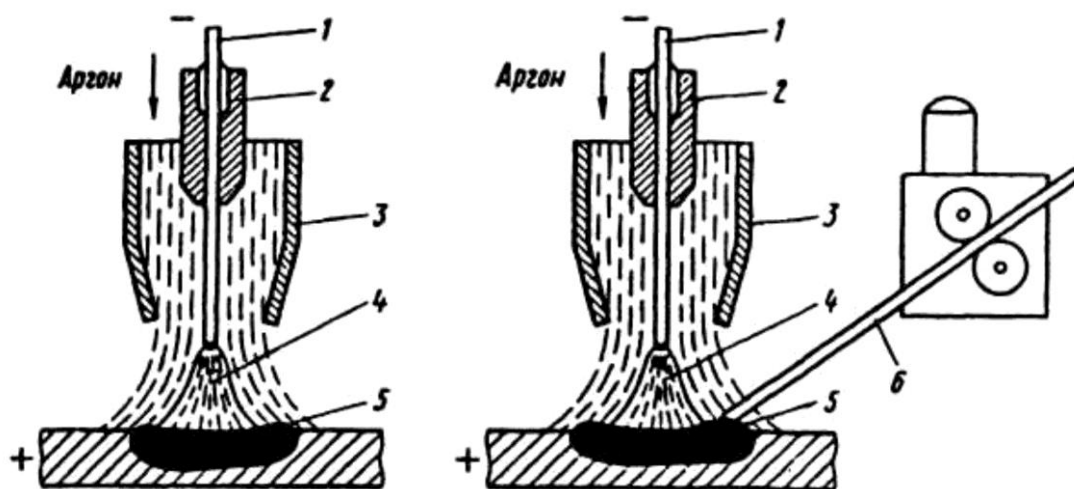
К преимуществам способа можно отнести: высокую производительность, нет необходимости высокой квалификации исполнителя; а также хорошую защиту места сварки.

К недостаткам способа можно отнести: разбрызгивание металла; возможность пористости получаемого соединения (ввиду того, что вместе с проволокой в шов попадает водород и различные окисные плёнки); физико-механические свойства шва хуже, чем для сварки неплавящимся электродом.

Сварка неплавящимся электродом

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.



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

Рисунок 1.10 – Схема сварки неплавящимся электродом

TIG-сварка (Tungsten Inert Gas) начала свое активное развитие в эру авиационной и космической техники, а именно в 60-х годах прошлого века.

В настоящий момент дуговая сварка в инертных газах позволяет удовлетворять высоким требованиям к сварным швам, благодаря чему получила широкое распространение при изготовлении и ремонте ответственных деталей из алюминиевых сплавов.

К преимуществам сварки неплавящимся электродом можно отнести: улучшение внешнего вида и качества сварного соединения в сравнении с другими способами сварки; возможность регулировки процента металла присадки; малую зону термического воздействия.

К недостаткам можно отнести: уменьшение производительности сварки в сравнении с другими способами; необходимость высокой квалификации сварщика; высокие требования к дополнительной подготовке деталей и сварочной проволоки.

Сварка трёхфазной дугой

Необходимость устранения недостатков сварки неплавящимся электродом в инертных газах делает необходимым постоянные усовершенствования этого способа. К концу 1960-х годов было разработано оборудование для сварки на переменном токе с наложением импульсов для соединения алюминия, которое базировалось на механических контакторах и осуществляло импульсно-дуговую сварку неплавящимся электродом. При этом между импульсами поддерживалась постоянная малоамперная дуга, что позволило существенно стабилизировать процесс и повысить качество сварных соединений. Развитие TIG-сварки наряду с использованием различных сварочных и вспомогательных материалов (флюсов и паст, присадочных проволок, смесей газов) опирается на способы и методы изменения энергетических характеристик процесса, что позволяет эффективно влиять на тепловложение при сварке.

Одним из направлений совершенствования сварки неплавящимся электродом является использование в качестве источника нагрева энергии горения трёхфазной дуги. При такой сварке используется два вольфрамовых электрода, каждому из этих электродов и свариваемой детали подводится переменный ток от трехфазного источника питания. Наблюдается единовременное горение трёх дуг, в том числе независимой дуги между электродами, и двух дуг между каждым электродом и непосредственно свариваемой деталью. Трёхфазная дуга обладает высокой устойчивостью и производительностью процесса.

При сварке трёхфазной дугой есть возможность регулировки в тепловложения в основной металл. При последовательном расположении электродов возможно получение увеличенной глубины проплавления, при параллельном расположении электродов происходит увеличение ширины шва и снижение глубины проплавления.

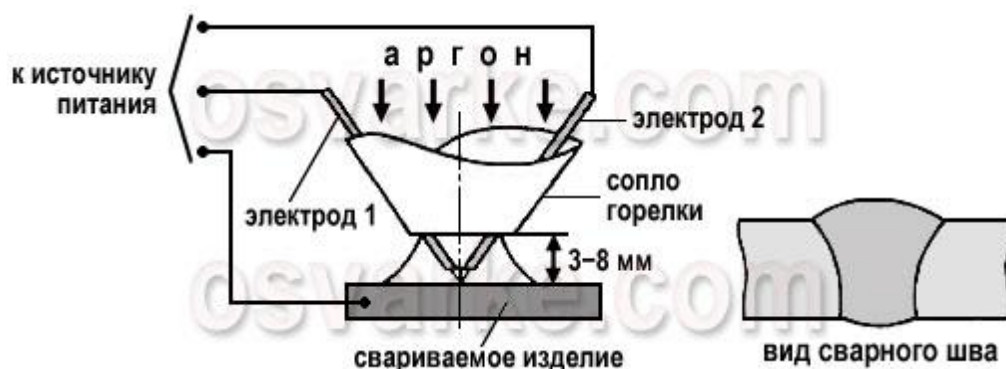


Рисунок 1.11 – Схема сварки трёхфазной дугой

К преимуществам трёхфазной сварки легких сплавов относят: высокие проплавливающие возможности дуги; большую производительность операции; интенсивные показатели катодного распыления оксидных плёнок.

Недостатками процесса являются: сложности регулировки тепловых режимов сварки; необходимость высокого качества подготовки присадочной проволоки.

1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления поршней двигателя внутреннего сгорания.

При анализе способов сварки, применение которых возможно для ремонта деталей из алюминиевого сплава, выявлено, что сварка трёхфазной дугой наиболее полно будет отвечать требованиям, которые предъявляются к источникам тепла при заварке различных дефектов. Изменение тепловой мощности трёхфазной дуги возможно в диапазоне от 500 до 5500 Вт, при этом концентрация тепла более высокая, чем у однофазной дуги. При сварке трёхфазной дугой наблюдается более интенсивное катодное распыление окиси алюминия по сравнению со сваркой на однофазной дуге с эквивалентной мощностью. Также следует учесть, что трёхфазная дуга не будет угасать в случае удаления горелки от поверхности изделия. При

удалении горелки от поверхности изделия происходит горение маломощной межэлектродной дуги, освещающей зону ремонта, облегчающей возбуждение зависимых дуг, обеспечивающей локальный подогрев изделия.

Для использования трехфазной технологии сварки применительно к ремонтной сварке поршней необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать технологию ремонтной сварки с использованием в качестве источника тепла энергии трехфазной дуги;
- 2) произвести выбор оборудования и расчет параметров режима для выполнения ремонтной сварки;
- 3) обеспечить безопасность и экологичность проекта;
- 4) произвести оценку экономической эффективности предлагаемых решений.

2 ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ПОРШНЕЙ

2.1 Подготовка к ремонтной сварке

Следует убедиться, что условия окружающей среды подходят для выполнения сварки. Алюминий очень чувствителен к загрязнению водородом, поэтому любая влага создает пористость и влечет за собой появление дефектных швов. Если сварку выполняют в условиях атмосферной влажности, во избежание водородной пористости следует применять умеренный предварительный нагрев

Необходимо учитывать также риск сквозняка, нарушающего газовую защиту, даже при сухом соединении. Сварку алюминия лучше всего выполнять в специально предназначенном теплом, сухом помещении, свободном от сквозняков.

Алюминий очень чувствителен к загрязнению соединения. Его очистку следует начинать с протирания чистой тканью, смоченной растворителем типа ацетон, для удаления масла в области соединения и по 25 мм с обеих сторон соединения. Все изделия из алюминия имеют очень тонкий слой оксида на поверхности. Он плавится при температуре около 2060 °С в отличие от чистого алюминия при 660 °С. Этот оксид следует удалять после обезжиривания перед сваркой с помощью механической очистки щеткой из нержавеющей стали, предназначенной только для алюминия. Нельзя применять точильный диск, поскольку он изготовлен из корунда (оксида алюминия) и будет оставлять частицы на поверхности. Шов желательно выполнять сразу после очистки. Сварка после трехчасовой очистки неприемлема.

Детали, которые подлежат ремонту, обезжириваются с применением 10%-го водного раствора NaOH, при температуре 60...70 °С. Стравливание окисной пленки на деталях с поверхности происходит за 2...3 минут под

воздействием щелочи. После этого остатки щелочи и продукты реакции смываются с обработанных поверхностей деталей холодной водой. Далее производится сушка деталей с применением сжатого воздуха.

Окончательная зачистка детали на величине порядка 15...25 мм производится непосредственно перед операцией сварки за счет металлической щетки. Рекомендуется использовать щетки из нержавеющей сталей (при диаметре проволоки не больше 0,15 мм). Наждачный круг или бумагу использовать не следует, ввиду их быстрого забивания стружкой, которая впоследствии оставляет на обрабатываемых поверхностях царапины. В них забиваются небольшие частицы камней или бумаги, это при сварке приводит к образованию пор. После очистки стальной щеткой кромка тщательно вытирается насухо чистой ветошью с целью удаления порошкообразных веществ. Зачищенные кромки готовы к сварке на период 5...6 часов. Если операцию сварки не выполнить за это время, необходима повторная зачистка кромок.

Непосредственно перед ремонтом дефекта выполняется подготовка. Разделка и выборка дефектного металла производится при помощи ручной фрезы.

2.2 Выбор защитного газа

Основная функция защитного газа – защита металла шва от атмосферы, потому что нагретый металл (примерно до точки плавления) может вступать в реакцию с атмосферным воздухом и образовывать соединения оксидов и нитридов. Что касается алюминия, то он легко вступает в реакцию с кислородом при комнатной температуре. Таким образом, при выборе защитного газа должны учитываться следующие критерии:

- способность генерировать плазму и обеспечивать механизмы и характеристики горения стабильной дуги;

- обеспечение хорошего отделения расплавленного металла от проволоки и выполнение требуемого режима переноса металла;
- защита сварочной головки (в непосредственной близости от дуги), жидкой ванны и конца проволоки от окисления;
- помощь в получении хороших провара и профиля валика шва;
- отсутствие помех в процессе корректировки скорости сварки;
- предотвращение подрезов;
- ограничение операций по зачистке стыков после сварки;
- способность не ухудшать механические свойства металла шва.

При сварке плавящимся электродом алюминиевых сплавов в качестве защитных газов применяют аргон, гелий или их различные смеси. Недостатком сварки в аргоне является значительная выпуклость шва, специфическая форма проплавления с резким сужением в корне шва, существенные потери некоторых легирующих элементов из электродного металла, повышенная пористость швов. Вследствие этого механические и коррозионные свойства соединений относительно низкие. Применение одного гелия ограничивается его высокой стоимостью, большим расходом при сварке толстолистового металла, нестабильностью горения дуги и повышенным разбрызгиванием металла. Поэтому в качестве защитных газов рекомендуется применять гелий-аргоновые смеси. Содержание гелия в таких смесях составляет от 50 до 75 %. Количество аргона и гелия в смеси зависит от химического состава свариваемого сплава, его толщины и требований, предъявляемых к качеству металла шва.

Для защиты металла в ванне расплава и проволоки при сварке сплавов алюминия применяют аргон высшего сорта в соответствии с ГОСТ 10157–79. Поставку аргона осуществляют в баллонах под рабочим давлением порядка 15 МПа, при этом в каждом баллоне примерно $6,2 \text{ м}^3$ газообразного аргона. Все баллоны для хранения аргона окрашивают в серый цвет, все надписи зеленого цвета.

2.3 Предлагаемый способ сварки

Самый эффективный способ для ремонта указанной детали это трехфазная аргодуговая сварка с регулировкой тепловложения. Указанный способ позволяет увеличить производительность процесса сварки в сравнении с обычной аргодуговой. В отличие от ранее описанного способа трехфазной сварки к средней фазе источника питания подключают не деталь, а присадочную проволоку (рис. 2.1). При такой схеме подключения есть возможность регулирования в широких пределах теплового режима процесса сварки, ввиду перераспределения на сварочную проволоку части сварочного тока, который протекает через изделие, т.е. дуга горит и на изделие и на присадку. В итоге происходит разогрев присадочного материала и в высокой степени осуществляется его зачистка от окисных пленок за счет механизмов катодного распыления.

Применяя трехфазную дугу с контролируемым тепловложением, есть возможность сварки деталей с толщиной стенки до 1 мм, при автоматической регулировке тепловложения в деталь и, не допуская прожоги. Предлагаемый способ реализуется как при ручной, так и автоматической сварке для любых доступных поверхностей. Автоматическая регулировка тепловложения при сварке позволяет уменьшить уровень остаточных деформаций в два и более раза и увеличивает количество наплавляемого металла в два раза, если сравнивать указанный метод с традиционными методами наплавки.

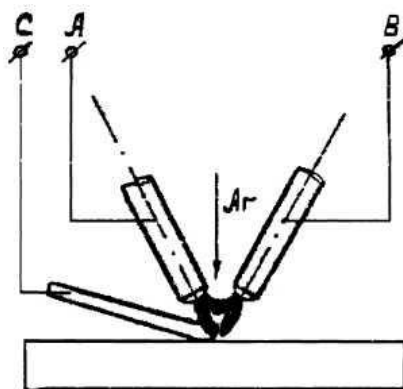


Рисунок 2.1 – Сварка трехфазной дугой с применением регулировки необходимого тепловложения

Технология ремонтного восстановления трехфазной дугой отличается от обычной технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В случае возбуждения однофазной дуги на изделии непосредственно над дефектом или около него, то возбуждение трехфазной дуги происходит зачастую вне детали при касании угля электродами горелки или разрядом осциллятора. При постепенном подведении трехфазного факела к месту дефекта на детали появляется возможность выбора наиболее рациональной схемы заварки и начала разогрева намеченного участка, без нарушения формы поверхности отливки в непосредственной близости к дефекту. При заварке необходимо обеспечить требуемый тепловой режим для сварочной ванны во избежание чрезмерных проплавов, и подрезов. Обычно температура ванны регулируется за счет подачи присадочных материалов и перемещений дуги на менее разогретые области. При трехфазной дуге регулирование тепловложения возможно через увеличение длины дуги без рисков ее оборвать. При этом можно прокладывать швы через различные участки впадин, ребер, выступов, без прерывания процесса.

Таблица 2.1 – Приблизительные режимы аргонодуговой сварки
Алюминиевых сплавов трехфазной дугой

b, мм	Способ сварки	d _э , мм		I _{св} , А	v _{св} , м/ч	Примечание
		Неплавящи йся электрод	Присадочн ая проволока			
6	Ручная	3	3	150...180	8...12	Сварка на весу
10	Механизи рованная	8	2	390...430	28...30	Сварка без разделки, на подкладке

Для заварки дефекта необходимо выполнить следующие действия:

- замкнуть присадочную проволоку на детали;
- развести сварочную ванну;

- произвести перемещение присадочной проволоки в сварочную ванну;
- наплавить валик.

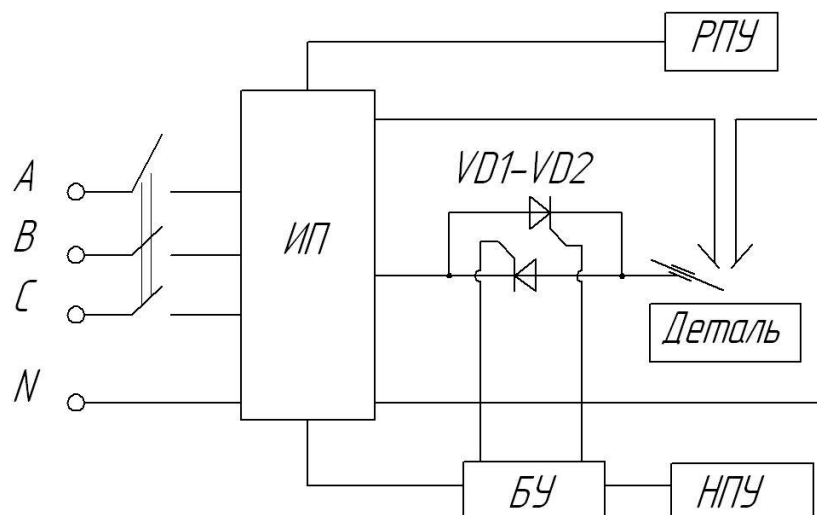
Для регулирования количества наплавляемого металла следует чередовать переключения в процессе работы присадочной проволоки между сварочной горелкой и деталью.

2.4 Сварочное оборудование

Используемые в процессе ремонтной сварки и наплавки деталей из легких сплавов источники питания дуги (УДАР-300, ТИР-300 и др.) отличаются узкими технологическими возможностями, которые не могут обеспечить регулировку параметров режимов в процессе операции сварки. Поэтому было необходимо спроектировать комплект универсального оборудования, который был бы надежным и прочным по конструкции, и имел достаточно высокую тепловую мощность и устойчивость сварочной дуги, и обеспечивал возможность плавной регулировки сварочного тока в большом диапазоне, заварки кратеров, и работы в режимах сварки и подогрева и имеющего дистанционное управление источника питания. Помимо этого, при работе на данном аппарате необходимо было обеспечить удобство и простоту настройки и управления режимами сварки, а также соблюсти эргономические требования и технику безопасности.

В ТПИ разработали серию источников питания, которые обеспечивают стабильный трехфазный процесс. К ним относится источник УДГТ-315 — использованный в качестве базы при конструировании комплектов универсального оборудования. Этот источник обладает крутопадающей внешней вольтамперной характеристикой, задающейся сварочным трансформатором с увеличенным потоком рассеяния. Ток сварки регулируется в пределах 135...550 А за счет изменения расстояния между первичной и вторичной обмотками. Постоянную составляющую подавляют за счет конденсаторной батареи, которая включена в цепь детали.

Для увеличения технологических возможностей установка дополнительно укомплектована тиристорным регулятором тока VD1—VD2 (рис. 5.2), который включен в сварочную цепь проволоки. Указанная схема управления позволяет плавно отпирать и закрывать тиристоры за регулируемые промежутки времени и позволяет изменить ток сварки от нуля до номинального. Направление регулировки производится с пульта управления и в случае необходимости изменяется в любой момент операции.



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

Рисунок 2.2 – Блок-схема сварочного поста

Для более удобного управления и упрощения настраивания источника питания ИП и заварки определенных типов дефектов в комплект сварочного поста включено два пульта дистанционного управления — ручной (РПУ) и ножной (НПУ).

Первый пульт позволяет выполнять настройку источника питания перед сваркой: при установке номинального значения тока сварки, производить включение и отключение источника питания, контролировать значения при помощи цифровой индикации.

Второй пульт это устройство с двумя педалями и необходим для управления источника при сварке. В его функционал входит зажигание и

гашение дуги, регулировка тока сварки и переключение источника питания в режим подогрева (т.е. отключение средней фазы). Необходимость ножного пульта управления обуславливается тем, что ремонтная сварка, обычно, осуществляется вручную, при этом сварщик держит горелку и присадочный пруток, а видимость ограничивается защитной маской.

В качестве инструмента для заварки дефектов используется разработанная в ТПИ сварочная двухэлектродная горелка РГТ-6 для операции сварки (током до 350 А) в любых пространственных положениях с подсветкой и локальным подогревом участка с дефектом. При этом обеспечена надежная защита ванны расплава от воздействия атмосферы.

Комплект оборудования для ремонтной сварки изделий из алюминиевых титановых и магниевых сплавов состоит из источника питания, двух пультов управления и сварочной горелки, и обладает широкими технологическими возможностями, универсален, прост в управлении.

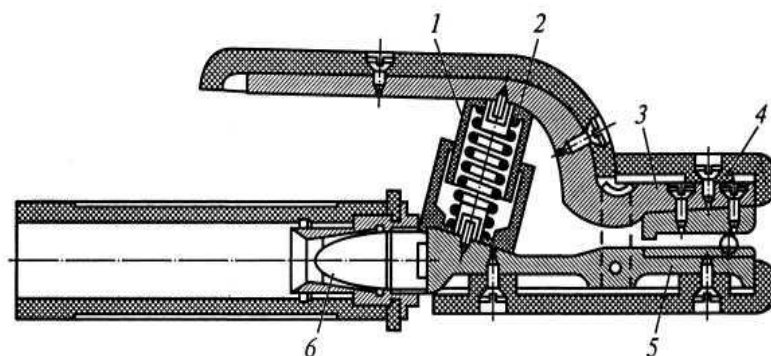
Характеристика установки УДГТ-315 приведена в таблице 2.2.

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

Подача присадочной проволоки выполняется вручную. Для закрепления проволоки, подведения к ней тока сварки и различных манипуляций с проволокой используется электрододержатель. Электрододержатель должна характеризовать легкость (не более 0,5 кг) и удобство, надежная изоляция, отсутствие нагрева при работе, обеспечение быстрого и надежного закрепления проволоки. В работе применим

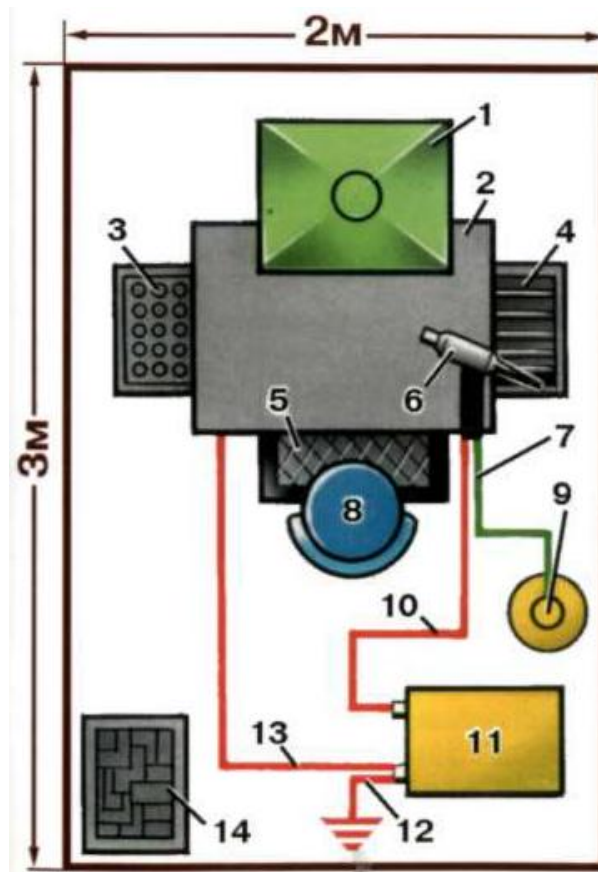
пассатижный электрододержатель типа ЭД-31 (рис. 2.3). Сварочный провод, подводящий ток к электрододержателю, должен быть достаточно высокой гибкости для упрощения манипуляции с проволокой.



- 1 — защитный элемент пружины; 2 — пружина;
3 — рычаг с верхней губкой; 4 — теплоизоляционная защита;
5 — нижняя губка; 6 — конус резьбовой втулки

Рисунок 2.3 – Электрододержатель пассатижный:

Оборудование на ремонтном участке сварки размещается в соответствии с требованиями к безопасности работ. Полезную площадь кабины (рис. 2.4) следует брать не менее 3 м^2 , высоту стен – не менее 2 м, зазор между стенками и полом – 5 см. Для сварочного поста необходимо предусмотреть вентиляционную установку для отсоса газов, аэрозолей и т.д., и оградить его металлическими щитами или шторками из материалов с огнестойкой пропиткой.



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 2.4 – Организация рабочего места для сварки

2.5 Контроль качества ремонтной сварки

Сварка алюминия является весьма ответственным процессом несмотря на более низкую температуру плавления, чем у стали, по следующим причинам:

- постоянно присутствующую на поверхности металла оксидную пленку требуется удалять непосредственно перед сваркой;

- наличие остаточных напряжений вызывает трещинообразование в металле шва из-за высокого значения теплового коэффициента расширения алюминия;
- при высоком уровне теплопроводности алюминия подразумевается, что повышенное тепловложение увеличивает возможность деформации и образования трещин;
- высокие значения скорости усадки вызывают образование кристаллизационных трещин;
- большая растворимость водорода в жидком алюминии способствует образованию пористости и высокой склонностью чувствительности к возникновению трещин в металле шва.

Основными обнаруживаемыми дефектами при сварке алюминиевых сплавов бывают горячие трещины, пористости, разупрочнения соединения, не восстанавливаемого при старении после сварки, низкая пластичность металла шва (ухудшение металла ЗТВ) и чувствительность соединения к образованию коррозионных трещин под напряжением. Характерные дефекты шва и способы их удаления приведены в табл. 2.3.

Все обнаруженные дефекты сварки, которые снижают общее качество конструкций, следует обнаружить и устранить. Поэтому следует выполнять контроль качества готовых деталей. При этом внешний осмотр является наиболее дешевым, оперативным и достаточно информативным методом контроля.

Для нахождения внутренних дефектов применяем ультразвуковые методы контроля. В рамках указанных методов контроля следует нанести на обработанные поверхности детали техническое масло и установить на деталь преобразователь дефектоскопа УД2-102. В процессе перемещения преобразователя от торцов к середине детали видим на экране определенные сигналы. При их анализе определяются тип дефекта и класс его дефектности.

Таблица 2.3 – Дефекты в алюминиевых сплавах и методы их устранения

Дефект	Причина	Предотвращение
1	2	3
Оксидные включения	1) Недостаточная очистка соединения 2) Наличие оксидного слоя на сварочной проволоке или присадочных прутках 3) Острые кромки в канавке соединения	Тщательная очистка проволочной щеткой до сварки и после каждого прохода, затем чистая протирка Очистить проволоку и прутки, потирая их прессованной стружкой из нержавеющей стали или «Scotchbrite» Использование свежей проволочной катушки. Удалить острые кромки в разделке шва
Пористость в шве	1) Недостаточная степень защиты 2) Цветные пенетранты, смазка 3) Слишком высокое значение тока сварки 4) Загрязненный защитный газ 5) Неправильный угол наклона горелки 6) Слишком высокая скорость перемещения 7) Загрязненные проволока или прутки 8) Наличие влаги	Увеличить поток газа; устранить сквозняки; уменьшить вылет электрода Полностью устранить всевозможные дефекты Очистить поверхности растворителем Держать смазки подальше от области шва Уменьшить ток и вернуться к сварочному процессу Проверить газовые шланги на свободные соединения или повреждения Установить правильный угол и вернуться к сварочному процессу Установить правильную скорость и вернуться к сварочному процессу Очистить проволоку или прутки растворителем Предварительно нагреть и очистить поверхность
Пористость в зоне плавления	1) Высокая насыщенность водородом основного металла	Улучшить дегазацию Сократить добавки натрия Применить 100%-ю гелиевую защиту

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
Холодное растрескивание	1) Сильное зажатие металлических заготовок соединения	Ослабить зажимные клещи. Подогрев
Горячее растрескивание	1) Избыточное расплавление основным металлом 2) Высокая переходная температура	Уменьшить ток сварки. Добавить больше присадочной проволоки Уменьшить ток сварки, увеличить интервал охлаждения между проходами и соблюдать последовательность швов
Подрезы	1) Высокий ток сварки 2) Скорость перемещения слишком высокая и недостаточное количество присадочного металла 3) Большая длина дуги	Уменьшить ток Уменьшить скорость и вернуться к сварочному процессу. Добавить большее количество присадочного металла Уменьшить длину дуги
Непровары	1) Низкий ток сварки 2) Высокая скорость перемещения дуги 3) Плохая разделка соединения 4) Неправильный угол наклона горелки 5) Ненадежное прерывание дуги	Увеличить ток и вернуться к сварочному процессу Уменьшить скорость перемещения и вернуться к процессу сварки Улучшить разделку свариваемых кромок Установить правильный угол горелки и вернуться к процессу сварки Постепенно уменьшить ток дуги Если возможно, применить контроль

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Составление технологической характеристики объекта

Проблему улучшения санитарно-гигиенических характеристик в зоне сварки решают путем разработки и оборудования рабочего места сварщика местной вытяжной, комплектации сварочных головок и держателей для механизированной сварки соплами специальной конструкции, позволяющими осуществлять отсос сварочного аэрозоля, или применения защитной маски с системой принудительной подачи очищенного воздуха. Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Сварочная дуга является источником не только интенсивного потока света в видимом диапазоне и инфракрасного излучения, но и невидимого ультрафиолетового излучения (УФИ) с длиной волны 200...400 нм. По длине волны УФИ подразделяется на три диапазона УФ-А (315...400 нм), УФ-В (280...315 нм) и УФ-С (200...280 нм). Наиболее жестким является УФ-С излучение, обладающее сильным вредным воздействием на органы зрения и кожные покровы человека. Заметим, что в спектре солнечного излучения на земной поверхности УФ-С лучи практически отсутствуют, интенсивно поглощаясь в основном в верхнем озоновом слое атмосферы.

Одним из отрицательных следствий электродугового процесса является образование и накопление в воздухе рабочей зоны сварочных аэрозолей и газов. Защита работающих и производственной среды от их воздействия осуществляется с помощью различных видов систем вентиляции, которые должны обеспечить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не

выше предельно допустимой концентрации (ПДК). Для выбора необходимой вентиляции и повышения ее эффективности на рабочих местах сварщиков необходимы экспериментальные данные о содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны при различных видах вентиляции.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовка поверхности изделия к проведению ремонтной сварки	Электрогазосварщик	Металлическая щётка, ванна, компрессор, сборочное приспособление, сверлильный станок	Раствор едкого натра 10%, вода техническая, воздух сжатый
2. Проведение ремонтной сварки изделия	Электрогазосварщик	Сборочное приспособление, источник питания УДГУ-315, сварочная горелка РГТ-6	Ацетон, вата, аргон, присадочная проволока
3. Проведение контроля качества ремонтной сварки изделия	Дефектоскопист	Контрольный стол, лупа, дефектоскоп УД2-102,	Масло техническое, кисть

3.2 Формулировка персональных рисков, сопровождающих внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие реализацию проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1. Подготовка к поверхности изделия к проведению ремонтной сварки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин 	Щётка металлическая, ванна, компрессор, сборочное приспособление, сверлильный станок
2. Проведение ремонтной сварки изделия	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультрафиолетовых волн; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации; - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования 	Сборочное приспособление, источник питания УДГУ-315, сварочная горелка РГТ-6
3. Проведение контроля качества ремонтной сварки изделия	<ul style="list-style-type: none"> - наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвукового излучения 	Контрольный стол, лупа, дефектоскоп УД2-102, зачистная машинка

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 – Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предупреждающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о факте возникновения пожара

Таблица 3.5 – Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка стыков трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Ремонтная сварка, контроль качества сварки	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Ремонтная сварка, контроль качества сварки	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы; сажа	Остатки масла	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие достигнуть уменьшения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

3.6 Составление заключения по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

4.1 Исходные данные для экономического обоснования

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки поршней двигателя внутреннего сгорания. При выполнении базовой технологии ремонтной сварки применение дуговой сварки неплавящимся электродом, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену дуговой сварки неплавящимся электродом на трёхфазную сварку, которая была разработана в Тольяттинском политехническом институте. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества проводимых ремонтных работ.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	1	1
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21	21
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	300	300

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	10000	10000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	6	6
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	100000	200000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	10	10
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	4,7	4,7
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,85	0,85

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t _{МАШ}	час	1	0,7

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_n \cdot T_n) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{cm} – принятая продолжительность смены;

D_p – общее количество рабочих дней в году;

D_n – общее количество предпраздничных дней;

T_n – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

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

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-3}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-3}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

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

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,847 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_3}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где F_3 – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

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

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

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $P_{г} = 1000$ изделий за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot P_{г}}{F_{э} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

$P_{г}$ – принятое значение годовой программы;

$F_{э}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{ВН}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

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

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

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{РАСЧ}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{пр}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$Kзб = 0,57/1 = 0,57$$

$$Kзп = 0,4/1 = 0,4$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где C_M – стоимость сварочных материалов;

$K_{Т-З}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего 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	H_p	м ³
5	Норма расхода присадочной проволоки	0,414	0,342		кг
6	Норма расхода: аргона вольфрамового электрода	0,000495	0,000468		кг

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

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

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной. Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$Z_{ОСН} = t_{ШГ} \cdot C_{ч} \cdot K_{Д} \quad (4.8)$$

где $C_{ч}$ – принятое значение тарифной ставки;

$K_{Д}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

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

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

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где $K_{\text{доп}}$ – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 682 \cdot 12 / 100 = 82 \text{ рубля};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 478 \cdot 12 / 100 = 57 \text{ рублей};$$

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 682 + 82 = 764 \text{ рублей};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 478 + 57 = 535 \text{ рублей.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

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

где $K_{\text{сн}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$Осс_{\text{баз.}} = 764 \cdot 34 / 100 = 260 \text{ руб.}$$

$$Осс_{\text{проектн.}} = 535 \cdot 34 / 100 = 182 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

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

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

где $Ц_{\text{об}}$ – принятое значение стоимости оборудования;

На – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{об.б.}} = \frac{100000 \cdot 21 \cdot 1,21}{2054 \cdot 100} = 12 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{200000 \cdot 21 \cdot 0,847}{2054 \cdot 100} = 17 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

где $M_{\text{уст}}$ – принятое значение мощности установки;

$\text{Ц}_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

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

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

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 12 + 67 = 79 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 17 + 47 = 64 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$\text{З}_{\text{пл}} = \text{Р}_{\text{пл}} + \text{А}_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $\text{Р}_{\text{пл}}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$\text{А}_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{пл} = \frac{C_{ЭКСПЛ} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_9}, \quad (4.15)$$

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

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

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

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

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{пл} = \frac{Ц_{пл} \cdot На_{пл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_9 \cdot 100}, \quad (4.16)$$

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

$Ц_{пл}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{ПЛБ} = \frac{30000 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1,21}{2054 \cdot 100} = 0,6$$

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

$$З_{ПЛБаз.} = 35 + 0,6 = 35,6 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПроектн.} = 25 + 0,4 = 25,4 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = М + ФЗП + Осс + З_{Об} + З_{пл} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 60 + 764 + 260 + 79 + 36 = 1199 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 50 + 535 + 182 + 64 + 25 = 856 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1199 + 1,5 \cdot 682 = 1199 + 1023 = 2222 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 856 + 1,5 \cdot 478 = 856 + 717 = 1573 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 2222 + 1,15 \cdot 682 = 2222 + 784 = 3006 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 1573 + 1,15 \cdot 478 = 1573 + 550 = 2123 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.3 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ	Условные обозначения	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Расходы на наплавочные материалы	М	60	50
2	Расходы на заработную плату	ФЗП	764	535
3	Расходы на социальные нужды	О _{СН}	260	182
4	Расходы на оборудование	Зоб	79	64
5	Расходы на площади	Зпл	36	25
	Себестоимость технологическая	Стех	1199	856
6	Расходы цеховые	Рцех	1023	717
	Себестоимость цеховая	Сцех	2222	1573
7	Расходы заводские	Рзав	784	550
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	3006	2123

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

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

где $K_{\text{З}}$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б}}$ – размер остаточной цены оборудования, снижение которой произошло из-за продолжительной службы технологического оборудования (рублей);

n – количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса ремонтной сварки.

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

где $N_{\text{А}}$ – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%);

$C_{\text{ПЕРВ}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21 / 100) = 37000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 37000 \cdot 0,57 = 21000 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

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

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

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

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

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = \text{Ц}_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 200000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 84000 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 100000 \cdot 0,05 = 5000 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

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

$$K_{\text{СОП}} = 5000 + 10000 = 15000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 84000 + 15000 = 99000 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{доп}} = 99000 - 21000 = 78000 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{удБаз.}} = 21000/1000 = 21 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 99000/1000 = 99 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

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

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

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

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

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

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{1199 - 856}{1199} \cdot 100\% = 29\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

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

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (3006 - 2123) \cdot 1000 = 883000 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

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

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{78000}{883000} \approx 0,5$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 883000 - 0,33 \cdot 78000 = 857260 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 30 %, увеличение производительности труда на 43 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 29 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 0,883 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила около 0,857 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,3 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления поршней двигателя внутреннего сгорания.

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки применение дуговой сварки неплавящимся электродом, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. При анализе способов сварки были рассмотрены: сварка покрытым электродом, механизированная сварка проволокой сплошного сечения; сварка неплавящимся электродом в инертном газе, сварка трёхфазной дугой.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) разработать технологию ремонтной сварки с использованием в качестве источника тепла энергии трехфазной дуги; 2) произвести выбор оборудования и расчет параметров режима для выполнения ремонтной сварки; 3) обеспечить безопасность и экологичность проекта. 4) произвести оценку экономической эффективности предлагаемых решений.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 30 %, повышению производительности труда на 43 %, снижению технологической себестоимости на 29%. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила около 0,857 млн. рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шелягин, В.Д. Гибридная сварка излучением CO₂-лазера и дугой плавящегося электрода в углекислом газе / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, В.П. Гаращук [и др.] // Автоматическая сварка. – 2002. – № 10. – С. 38–41.
2. Зусин, В.Я. Восстановление канавок алюминиевых поршней тракторных двигателей импульсно-дуговой наплавкой в среде защитных газов / 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. Бондарев, А.А. Технология упрочняющей наплавки с присадочным материалом зоны компрессионных канавок алюминиевых поршней / А.А. Бондарев // Технологии. Материалы. Оборудование: Каталог. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 2005. – С. 27–28.
7. Бондарев, А.А. Технология ремонта и восстановления изношенных поршней и других деталей машин и механизмов / А.А. Бондарев // Технологии. Материалы. Оборудование: Каталог. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 2005. – С. 28.
8. Рабкин, Д.М. Металлургия сварки плавлением алюминия и его сплавов. – Киев: Наук. думка, 1986. – 256 с.

9. Шонин, В.А. Остаточные напряжения в соединениях тонколистового сплава АМгб, вызванные дуговой и лазерно-дуговой сваркой / В. А. Шонин, В. С. Машин, В. Ю. Хаскин, Т. Н. Недей // Автомат. сварка. — 2006. — № 9. — С. 26–31.

10. Климов, А.С. Уменьшение напряжений и деформаций при аргонодуговой сварке соединений профильных труб из сплава АМгбМ/ Технология и оборудование современного машиностроения // Всероссийская молодёжная научно-техническая конференция. Тезисы докладов, Уфа: УГАТУ, 2000. – 116 стр.

11. Зайцев, О.И. Прогнозирование параметров режима при импульсно-дуговой сварке алюминиевых сплавов : дис. ... канд. Техн. Наук : 05.03.06 / О. И. Зайцев ; Тульский государственный университет. – Тула, 2003.

12. Лебедев, В. А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки / В. А. Лебедев // Сварочное производство. – 2007. – № 11. – С. 26–30.

13. Дживага, И. И. Электродуговая сварка цветных металлов и сплавов / И. И. Дживага – Л.: Судпромгиз, 1961. – 139 с.

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

15. Лебедев, В. А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки / В. А. Лебедев // Сварочное производство. – 2007. – № 11. – С. 26–30.

16. 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.

17. 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.

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

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

20. 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.