

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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Федосеев Юрий Андреевич

1. Тема: «Ремонтная сварка головки блока цилиндров автомобиля «КамАЗ»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
2017 г.

3. Исходные данные для выполнения выпускной квалификационной работе Материалы
ООО «СтаврСпецТехника»

4. Содержание выпускной квалификационной работы (подлежащие разработке вопросы и разделы)

Введение. (актуальность и цель работы)

1. Головка блока цилиндров автомобиля «КамАЗ».

1.1. Характеристика изделия, принцип работы, условия эксплуатации, виды дефектов.

1.2. Анализ механических и теплофизических свойств материала изделия, особенности свариваемости литейных алюминиевых сплавов.

1.3. Анализ способов восстановления эксплуатационных свойств головки блока

2. Разработка технологии ремонтной сварки и наплавки головки блока цилиндров.

2.1. Анализ технологических приемов заварки дефектов электродуговой сваркой.

2.2. Выбор присадочного материала, оборудования и назначение параметров режима сварки для устранения дефектов головки блока.

2.3. Разработка технологической карты ремонтной сварки головки блока

3. Безопасность и экологичность проекта

3.1. Анализ опасных и вредных факторов в технологическом процессе сварки и наплавки изделий из алюминиевых сплавов

3.2. Разработка мероприятий по защите сварщика от воздействия вредных факторов, возникающих при аргонодуговой сварке.

4. Техничко-экономическое обоснование проекта

4.1. Расчет себестоимости выполнения ремонтной сварки головки блока цилиндров

Заключение

Библиографический список

5. Ориентировочное содержание графической и иллюстративной части выпускной квалификационной работы

Лист 1. Головка блока цилиндров автомобиля «КамАЗ» с дефектами.

Лист 2. Оценка свойств и свариваемость материала изделия

Лист 3. Способы восстановления эксплуатационных свойств головки БЦ

Лист 4. Анализ технологических приемов заварки дефектов электродуговой сваркой.

Лист 5. Карта технологического процесса ремонтной сварки

Лист 6. Расчет себестоимости проведения ремонта головки БЦ

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль: В.Г. Виткалов

«Экономическая эффективность»: И.В. Краснопевцева

«Безопасность и экологичность»: И.В. Дерябин

7. Дата выдачи задания «08» января 2017 г.

Заказчик (*указывается должность, место работы*)

Ученая степень, ученое звание)

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

_____ В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)

_____ Ю.А. Федосеев
(подпись) (И.О. Фамилия)

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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Федосеев Юрий Андреевич
по теме: «Ремонтная сварка головки блока цилиндров автомобиля
«КамАЗ»»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Характеристика изделия, принцип работы, условия эксплуатации, виды дефектов	16.01.17 – 30.01.17	30.01.17	выполнено	
2. Анализ механических и теплофизических свойств материала изделия, особенности свариваемости литейных алюминиевых сплавов.	01.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнено	
3. Анализ способов восстановления эксплуатационных свойств головки блока	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнено	
4. Выбор присадочного материала, оборудования и назначение параметров режима сварки для устранения дефектов головки блока.	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнено	
5. Разработка технологической карты ремонтной сварки головки блока	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнено	
6. Безопасность и экологичность проекта	01.05.17 – 14.05.17	14.05.17	выполнено	
7 Техничко-экономическое обоснование проекта	15.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Ю.А. Федосеев

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Алюминиевые сплавы широко применяются в машиностроении и в настоящее время заняли второе место после конструкционных сталей, при этом область применения алюминиевых сплавов продолжает расширяться. В выпускной работе поставлена цель – повышение качества и снижение себестоимости ремонтной сварки деталей автомобиля из алюминиевых сплавов на примере головки цилиндра автомобиля КАМАЗ.

В ходе анализа состояния вопроса были рассмотрены возможные способы ремонтной сварки, принято решение применить сварку трёхфазной дугой, для чего сформулированы задачи проекта:

- 1) Разработка технологии восстановительной сварки детали трехфазной дугой;
- 2) Выбор оборудования и расчет режимов для реализации предлагаемой технологии.
- 3) обеспечение безопасности и экологичности проекта.
- 4) расчёт экономической эффективности по предлагаемой технологии.

Пояснительная записка состоит из 65 страниц, включает в себя 23 таблицы, 16 иллюстраций, библиографический список содержит 28 наименований источников. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия и возникающих дефектов	9
1.2 Анализ материала изделия	12
1.3 Базовая технология ремонтной сварки	14
1.4 Анализ возможных способов ремонтной сварки	20
1.5 Формулировка задач проекта	27
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ	
2.1. Подготовительная операция	28
2.2 Способ сварки	30
2.3 Сварочные материалы	33
2.4 Сварочное оборудование	36
2.5 Контрольная операция	41
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	43
3.2 Идентификация персональных рисков	44
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	45
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	47
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	48
3.6 Заключение по разделу	49
4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	63

ВВЕДЕНИЕ

Алюминиевые сплавы широко применяются в машиностроении и в настоящее время заняли второе место после конструкционных сталей, при этом область применения алюминиевых сплавов продолжает расширяться. Сплавы на основе алюминия относительно доступны и обладают уникальными свойствами: малой плотностью, сравнительно высокой прочностью, высокой коррозионной стойкостью, благодаря которым они и получили применение в космической технике, судостроении, автомобилестроении, химической промышленности [1,2,3].

При изготовлении и ремонте конструкций из сплавов алюминия основным технологическим процессом является сварка, она встречает существенные трудности, которые в настоящий момент не преодолены [4,5,6]. Эти трудности связаны с особенностями химических, технологических и физических свойств алюминиевых сплавов: высокой теплопроводностью, большим коэффициентом линейного расширения, наличием на поверхности тугоплавкой окисной пленки, склонностью к образованию пор, опасностью возникновения кристаллизационных и холодных трещин. Из-за этого сварные соединения из алюминиевых сплавов часто уступают по прочности основному металлу: коэффициент прочности сварного соединения не превышает 0,6...0,7) [1,2]. Поэтому необходима разработка новых эффективных способов сварки алюминиевых сплавов, а также совершенствование существующих способов сварки.

Чтобы получить качественное сварное соединение алюминиевых сплавов, необходимо обеспечить концентрированный нагрев в зоне сварки, разрушить окисную пленку на поверхности деталей и предупредить повторное её образование. Из множества существующих сейчас способов сварки сплавов алюминия большей мере этому соответствуют сварка в аргоне переменным током неплавящимся электродом и электроннолучевая

сварка. Качество получаемых этими способами сварных соединений оказывается более высоким по сравнению с другими способами сварки [2,6,7].

Сварка в инертных газах обладает большой оперативностью, универсальностью и простой реализации, поэтому получила широкое применение для алюминиевых сплавов, она позволяет предъявлять к сварным соединениям повышенные требования по прочности. В тоже время этот метод имеет некоторые недостатки: низкую проплавленную способность дуги и высокую опасность получения вольфрамовых включений в металле шва, которая возникает вследствие существенной тепловой нагрузки на неплавящийся вольфрамовый электрод [8,9].

Исследования в области сварки алюминиевых сплавов проводятся в институте электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины (И. В. Довбищенко, Н. М. Воропай, А. Я. Ищенко, В. А. Мишенков, А. Г. Покляцкий, Д. М. Рабкин, А. Г. Чаюн, М. Р. Яворская), Тольяттинском государственном университете (В. И. Столбов, В. П. Сидоров, Г. М. Короткова, В. В. Ельцов), Волгоградском государственном техническом университете (В. А. Косович, И. Е. Лапин, А. В. Савинов), а также в Японии (Ikkaï Toshikage, Syogi Moritaka, Ishimaru Kazuguki, Onuma Akira,) и в США (S. Barhorst, M. Tomsic, S. Kyselica,).

Цель выпускной работы – повышение качества и снижение себестоимости ремонтной сварки деталей автомобиля из алюминиевых сплавов на примере головки цилиндра автомобиля КАМАЗ.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Описание изделия и возникающих дефектов

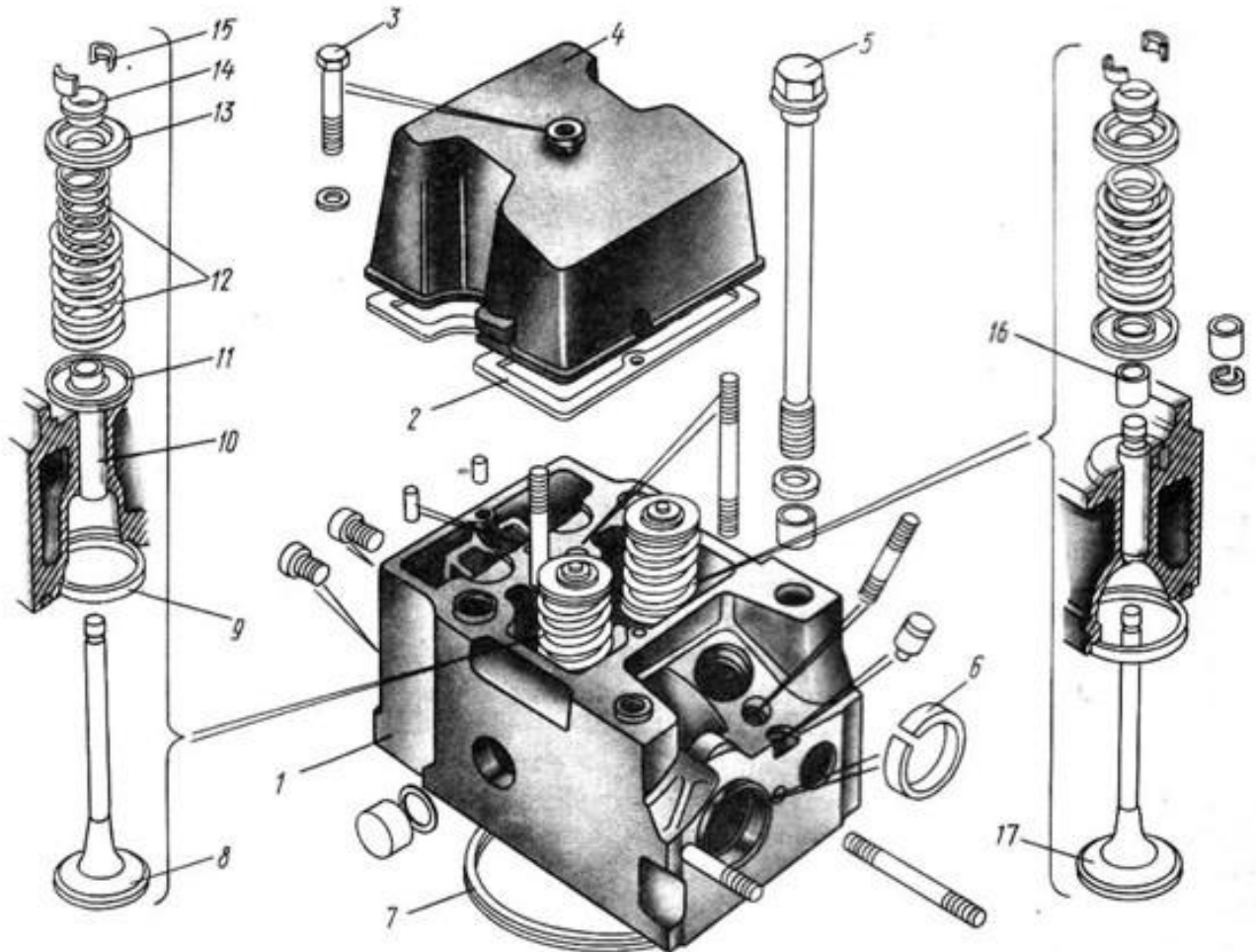
Головка цилиндра (рис. 1.1) выполнена из сплава АК9ч – это алюминиевый литейный сплав, в ней предусмотрены клиновидные камеры сгорания, запрессованы седла, направляющие втулки клапанов.



Рисунок 1.1 – Общий вид головки цилиндра КАМАЗ

Седла клапанов выполнены из серого чугуна. Обработку рабочих фасок седел производят после их запрессовки. Направляющие втулки клапанов выполнены из чугуна и запрессованы с натягом в головку цилиндров. Для установки стопорного кольца на наружной поверхности направляющих втулок выполнена проточка. Это стопорное кольцо предназначено для обеспечения точности положения втулок в процессе их запрессовки в головку цилиндров и для предохранения втулок от выпадений. Обработку отверстий во втулках производят после их запрессовки в головку цилиндров. Это позволяет повысить точность выполнения отверстия и его расположения относительно рабочих фасок седла и клапана. Для смазки служат спиральные канавки, которые выполнены в отверстиях направляющих втулок. Канавки нарезаются до половины глубины отверстия у втулок впускных клапанов и на всю глубину отверстия у втулок выпускных клапанов. На направляющие

штуки сверху одеты маслоотражательные колпачки, которые выполнены из тепломаслостойкой резины и имеют стальное арматурное кольцо. Эти маслоотражательные колпачки охватывают стержень клапана, уменьшают попадание масла в камеру сгорания, которое может проникать по зазорам между направляющей втулкой и стержнем клапана.



- 1 – головка цилиндра; 2 – прокладка крышки головки; 3 – болт крепления крышки; 4 – крышка головки цилиндра; 5 – болт крепления головки; 6 – втулка прокладки патрубка; 7 – уплотнительное кольцо газового стыка; 8 – впускной клапан; 9 – седло клапана; 10 – направляющая втулка клапана; 11 – шайба пружин клапана; 12 – наружная и внутренняя пружины клапана; 13 – тарелка пружин клапана; 14 – втулка тарелки; 15 – сухарь клапана; 16 – уплотнительная манжета; 17 – впускной клапан

Рисунок 1.2 – Головка цилиндра в сборе

Таблица 1.1 – Дефекты головок цилиндров

Наименование дефекта	Способ установления	Способы устранения
1. Трещины на рубашке охлаждения	Внешний осмотр, прессовка	Заварить трещину
2. Пробоины, прогар или трещины на стенках камер сгорания		Браковать деталь
3. Трещины на перемычке между клапанными гнездами, вблизи отверстий под шпильки крепления или штанги толкателей, на перемычках между клапанными гнездами и вставками камеры сгорания		Заварить трещину
4. Коробление и коррозия поверхности сопряжения с блоком цилиндров	Штангенциркуль, щуп	Шлифовать поверхность
5. Износ рабочих поверхностей седел выпускных клапанов	Набор калибров	Обработать рабочие фаски до устранения дефекта. Заменить седла.
6. Неравномерный износ поверхностей под свечи	Осмотр, штангенциркуль	Обработать до устранения дефекта. Наплавить в аргоне.
7. Выгорание кромки вставки камеры сгорания	Осмотр	Удалить дефектную вставку камеры сгорания и установить новую
8. Вмятины, раковины, заусеницы, риски на поверхностях под прокладки форсунок	Осмотр	Зенковать поверхность до удаления повреждений
9. Срыв или износ резьбы под свечи	Осмотр, калибр-пробка резьбовой	Дуговая наплавка Установка дополнительных ввёртышей.

1.2 Анализ материала изделия

Изделие выполнено из сплава АК9ч (другое обозначение – АЛ4) (табл. 1.2).

Кремний - основной легирующий элемент, который служит для придания сплаву высокой текучести и низкой усадки, поэтому сплавы системы Al–Si обладают хорошими литейными свойствами и хорошей свариваемостью.

Благодаря своим высоким литейным свойствам силумины служат основным исходным материалом при создании высокопрочных литейных алюминиевых сплавов, которые в дальнейшем могут быть подвержены упрочняющей термической обработке. В целях получения в структуре силумина новых фаз, которые приводят к упрочнению в процессе термической обработки, применяют дополнительное легирование силуминов такими элементами, как Mg, Cu и Mn.

Алюминий – обеспечивает легкость и элегантный внешний вид.

Магний Mg – усиливает прочность сплава.

Кремний Si - повышает литейные и пластичные свойства, но снижает коррозионную стойкость сплава.

Медь Cu - придает некоторую пластичность, но снижает коррозионную стойкость сплава.

Цинк Zn - повышает прочность, но несколько снижает химическую стойкость к концентрированным щелочам, так как цинк является катализатором в реакции окиси алюминия со щелочами.

Таблица 1.2 – Химический состав сплава АК9ч

Fe	Si	Mn	Ni	Al	Cu	Pb	Be	Mg	Zn	Sn	Примесей, всего
до 1	8...10,5	0,2... 0,5	до 0,1	86.94... 91,63	до 0,3	до 0,05	до 0,1	0,17...0,3	до 0,3	до 0,01	до 1,5

Сложности ремонтной сварки алюминиевых сплавов

1) Поверхность детали покрывает тугоплавкий окисел Al_2O_3 (с температурой плавления $2050^\circ C$), его плотность больше, чем плотность алюминия, он затрудняет сплавление кромок и тонет в сварочной ванне и загрязняет металл.

2) Алюминиевые сплавы имеют большой коэффициент линейного расширения и низкий модуль упругости, поэтому у них наблюдается повышенная склонность к короблению. Уровень сварочных деформаций у конструкций из сплавов алюминия в 1,5...2 раза превышает уровень сварочных деформаций у аналогичных конструкций из стали.

3) Необходимо обеспечить самую тщательную химическую очистку сварочной проволоки, механическую очистку и обезжиривание свариваемых деталей. Вследствие резкого повышения растворимости газов в нагретом металле и задержки их в металле при остывании наблюдается интенсивная пористость пористость, которая снижает прочность и пластичность металла.

4) Алюминиевые сплавы имеют высокую теплопроводность, поэтому становится необходимо применять мощные источники нагрева. Становится необходимым также применение предварительного подогрева до $150...200^\circ C$ и сопутствующего подогрева места сварки.

5) Металл шва имеет грубую столбчатую структуру, на границах зёрен выделяет легкоплавкую эвтектику, поэтому склонен к возникновению трещин, которая усугубляется значительными усадочными напряжениями из-за высокой литейной усадки алюминия (до 7 %).

1.3 Базовая технология ремонтной сварки

По базовому варианты сварку производят на участке восстановления (рис. 1.3), оснащённым местным воздухоотсосом, сварочной оснасткой, источниками питания дуги.



Рисунок 1.3 – Участок восстановления деталей

Дефектовку деталей, которые предполагается восстанавливать, производим внешним осмотром, а также с применением специальных инструментов, приборов и приспособлений. По результатам дефектовки производим маркировку деталей с использованием краски. Годные детали помечаем зеленой краской, требующие восстановления детали помечаем желтой краской, негодные детали помечаем красной краской. Все годные детали отправляем в комплекточный цех для сборки двигателя автомобиля и дальнейшей эксплуатации.

Подлежащие восстановлению детали обезжиривают с использованием 10%-го водного раствора NaOH, с температурой 60...70 °С. Из-за взаимодействия в течение 2...3 минут щелочи окисная пленка на деталях стравливается с поверхности. Потом остатки щелочи и продукты реакции

смывают с поверхности деталей при помощи холодной воды. Далее производят сушку деталей сжатым воздухом.

Окончательную очистку детали на ширине 15...25 мм производят непосредственно перед сваркой металлической щеткой. Желательно пользоваться щетками из нержавеющей стали (диаметр проволоки не более 0,15 мм). Наждачные круги или бумагу применять не рекомендуется, так как они быстро забиваются стружкой, оставляющей на поверхности металла большие царапины. В царапины забиваются мелкие частицы камня и бумаги, что при сварке может привести к образованию пор. Очищенные стальной щеткой кромки тщательно вытираются сухой чистой ветошью для удаления порошкообразных веществ. Подготовленные таким образом кромки пригодны к сварке в течение 5...6 часов. По истечении указанного срока кромки зачищают повторно.

Перед заваркой трещины следует выполнить её подготовку. Если заваривать трещину без подготовки, то может произойти дальнейшее распространение трещины. Первоначально тщательно осматривают трещину, определяют ее концы. Границы трещины можно легко обнаружить, если нагревать её газовой горелкой до температуры 100...150°C. Далее засверливают сверлом диаметром 5 мм начало и конец трещины. Сверление следует выполнять так, чтобы центр выполняемого отверстия был на 3...5 мм дальше трещины. Разделку трещин и выборку дефектного металла следует производить подружкой при помощи зубила. Если трещина несквозная, то её необходимо разделять на глубину, которая превышает глубину залегания трещины более чем на 3 мм.

Для ремонтной сварки применяем источник переменного тока, неплавящиеся вольфрамовые электроды, аргон для обеспечения газооо защиты. Лучшие результаты при сварке можно достигнуть при применении лантанированных электродов. В этом случае добавка в вольфрам 1,5...2% окислов лантана повышает их стойкость и позволяет повысить сварочный ток на 15%. Рабочий конец электрода перед сваркой затачивают под конус

углом 60° на длину 2...3 диаметра электрода. Характеристика применяемых электродов ЭВЛ приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристика электродов ЭВЛ (ГОСТ 13949-80) [1]

Марка	Содержание добавки, %	Маркировка торцов прутков	Размер прутков, мм		Допустимая токовая нагрузка, А при диаметре, мм			
			диаметр	длина	2	3	4	5
ЭВЛ	1,1—1,4	Черный	1,0—4,0	75; 150	20	190	380	590

Наличие в литейных сплавах алюминия повышенного количества кремния, меди и магния приводит к необходимости их сварки с применением высоколегированных проволок. Для сварки сплава АК9ч используем проволоку той же марки [2].

Для защиты расплавленного металла сварочной ванны применяют аргон высшего сорта в соответствии с ГОСТ 10157–79 (табл. 1.4). Аргон поставляют в баллонах (рис. 1.4) под давлением 15 МПа, каждый баллон содержит в себе $6,2 \text{ м}^3$ газообразного аргона. Баллон для хранения аргона окрашивают в серый цвет, он имеет надпись зеленого цвета.

Таблица 1.4 – Состав газообразного аргона по ГОСТ 10157–79 [2]

Сорт аргона	Содержание, об %			Влага, $\text{г}/\text{м}^3$
	Аргон	Азот	Кислород	
Высший	$\leq 99,99$	$\leq 0,006$	$\leq 0,0007$	$\leq 0,007$



Рисунок 1.4 – Баллон для аргона, укомплектованный поплавковым ротамером и редуктором

Для сварки используется сварочный источник питания УДГУ-351 (рис. 1.5, табл. 1.5).



Рисунок 1.5 – Источник питания УДГУ-351

Таблица 1.5 – Техническая характеристика источника питания УДГУ-351

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питания, В	2х380, 50Гц
Потребляемая мощность, кВА	24
Род сварочного тока	постоянный переменный
Металлы, свариваемые в аргоне	сталь, титан, медь, алюминий
Сварочный ток, А (ПВ%)	40-350(60%)

Таблица 1.6 – Режимы восстановительной ручной аргонно-дуговой сварки вольфрамовым электродом алюминиевых сплавов

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 сварки место заваренной трещины очищают от брызг и загрязнений, подвергают внешнему осмотру сварной шов и прилегающий основной металл на расстоянии не менее 20 мм от шва. Постоянство геометрических размеров сварного шва и его внешнего вида косвенно свидетельствуют о качестве выполненного шва, при этом следует проверять равномерность чешуйчатости шва и цвет поверхности изделия [10, 11]. Недопустимо уменьшение какого-либо размера шва по отношению к заданному размеру.

Подготовленные места сварки осматривают невооруженным глазом или с применением лупы 4...10-кратного увеличения. Размеры сварных швов контролируют измерительным инструментом. Если сварной шов недоступен для прямого наблюдения, то применяют оптические приборы – эндоскопы [11].

Для обнаружения внутренних дефектов может быть использован ультразвуковой метод, при котором поверхность детали смазывают техническим маслом и устанавливают на неё преобразователь от дефектоскопа УД 2-102 (рис. 1.6). При перемещении преобразователя по детали получаем на экране сигналы, по которым определяют типы дефектов.

Последующая обработка детали после сварки происходит следующим образом.

На расточном станке удаляют излишки наплавленного металла с посадочных поверхностей седел. При этом обработка ведется с небольшим припуском по наружному диаметру. После расточки измеряют диаметр отверстий, и под них подбирают заготовки седел соответствующего диаметра. Наружный диаметр заготовок принимают таким, чтобы обеспечить при запрессовке натяг.



Рисунок 1.6 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-102

Перегрев головки цилиндра, который и привёл к появлению трещины, а также проведённые сварочные операции могли привести к искривлению плоскости разъема «головка - блок цилиндров». Это искривление устраняют фрезерованием плоскости. Если при этом высота головки цилиндра изменяется значительно, обязательно следует предусмотреть меры, исключающие столкновение клапанов с поршнем. Для этого «занижают» фаски седел и клапанов, подрезают торцы стержней клапанов и т.д.

1.4 Анализ возможных способов ремонтной сварки

В процессе выбора оптимального способа сварки необходимо учесть ряд требований:

- производительность;
- качество и внешний вид выполняемых соединений;
- стоимость сварочного оборудования;
- условия труда сварщика;
- мобильность способа сварки;
- экономичность способа сварки.

В качестве альтернативных способов ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов рассмотрим следующие способы:

- сварка покрытыми электродами;
- механизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах;
- сварка неплавящимся электродом;
- сварка трёхфазной дугой.

Сварка покрытыми электродами (рис. 1.7)

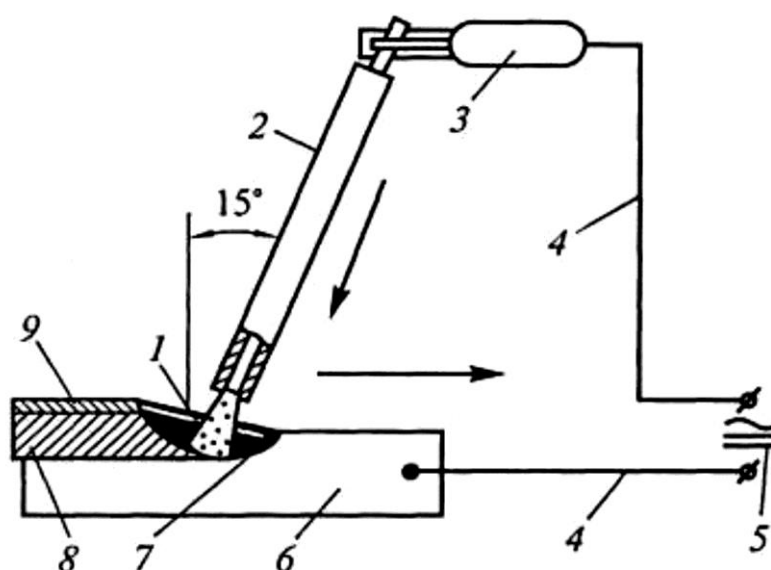
Сварку алюминия покрытыми электродами выполняют на постоянном токе обратной полярности. В качестве источников питания могут быть применены выпрямители с падающей характеристикой. Сварку производят на короткой дуге, наклон электрода должен составлять $60...90^\circ$, что облегчает слежение за ванной расплавленного металла. Перед сваркой детали необходимо подогреть газовым пламенем до температуры $150...200^\circ\text{C}$.

Применение ручной дуговой сварки алюминия покрытыми электродами рекомендовано только в нижнем положении, При это нежелательны колебания конца электрода. Выполнение угловых швов тавровых соединений производят с применением тех же режимов, что и при выполнении стыковых соединений. При многослойной сварке корневые швы выполняют электродами меньшего диаметра. После сварки с поверхности шва удаляют

шлак. Брызги электродного металла и лишнее усиление шва удаляют скребком, пневматической фрезой или зубилом.

Преимуществами способа является высокая мобильность способа, дешевизна и простота оборудования. В настоящее время предложены различные покрытые электроды, позволяющие получать удовлетворительное качество сварки алюминиевых сплавов [12].

В качестве недостатков необходимо отметить: разбрызгивание металла; увеличенную зону термического влияния; зависимость качества заварки дефектов от квалификации сварщика; малую производительность сварки.



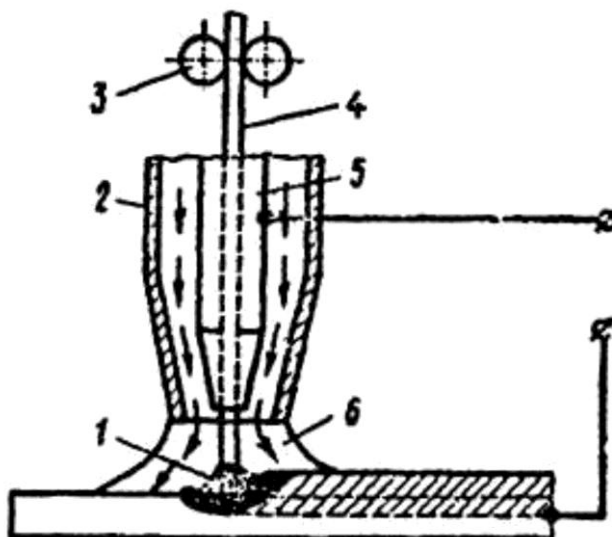
1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – электрододержатель, 4 – сварочные провода; 5 – источник питания; 6 – свариваемая деталь; 7 – сварочная ванна; 8 – сварной шов; 9 – шлаковая корка

Рисунок 1.7 – Схема способа сварки покрытыми электродами

Механизированная сварка плавящимся электродом в инертном газе (рис. 1.8)

В настоящий момент для механизированной сварки алюминиевых сплавов предложены специальные импульсные аппараты, в которых предусмотрено получение импульса высокого напряжения, разбивающего оксидную пленку, и последующее снижение напряжения до базового

значения. При этом каждая капля расплавленного электродного материала проходит стадии формирования и переноса в сварочную ванну, управление которыми обеспечивает высокое качество сварки шва [13]. Применение импульсной сварки позволяет получить существенные технологические преимущества: снижается разбрызгивание электродного металла, повышается стабильность возбуждения и горения дуги, уменьшаются сварочные деформации, качество сварного соединения из-за большей концентрации энергии, улучшаются условия кристаллизации сварочной ванны. Применение импульсной подачи электродной проволоки существенно повышает эффективность механизированной сварки деталей из алюминиевых сплавов [14]



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

Рисунок 1.8 – Схема механизированной сварки плавящимся электродом в инертном газе

Механизированная сварка плавящимся электродом происходит приблизительно в три раза быстрее, чем сварка неплавящимся электродом, однако качество в последнем случае будет выше. Технология сварки деталей

их алюминиевых сплавов на полуавтомате по сравнению с технологией сварки на полуавтомате стальных конструкций имеет некоторые технические особенности:

- алюминий и сплавы алюминия не сваривают на постоянном токе прямой полярности – только на обратной ;
- алюминиевая проволока значительно мягче, чем стальная поэтому повышается вероятность петлеобразования (рис. 1.9) даже при незначительных сопротивлениях в подающем рукаве. Для борьбы с этим применяют механизм подачи с 4-мя роликами, уменьшают длину подающего рукава и устанавливают в него тефлоновый вкладыш, который снижает сопротивление трения.



Рисунок 1.9 – Смятие алюминиевой проволоки в механизме подачи

- алюминий при нагреве расширяется сильнее по сравнению со сталью, из-за чего возможно застревание алюминиевой проволоки в токосъемнике. Для предотвращения этого следует использовать наконечник с большим диаметром отверстия;
- так как проволока из алюминия плавится быстрее, чем стальная проволока, при сварке следует обеспечивать необходимую скорость ее подачи – более высокую, чем для стальной проволоки. В противном случае возможно оплавление наконечника горелки.

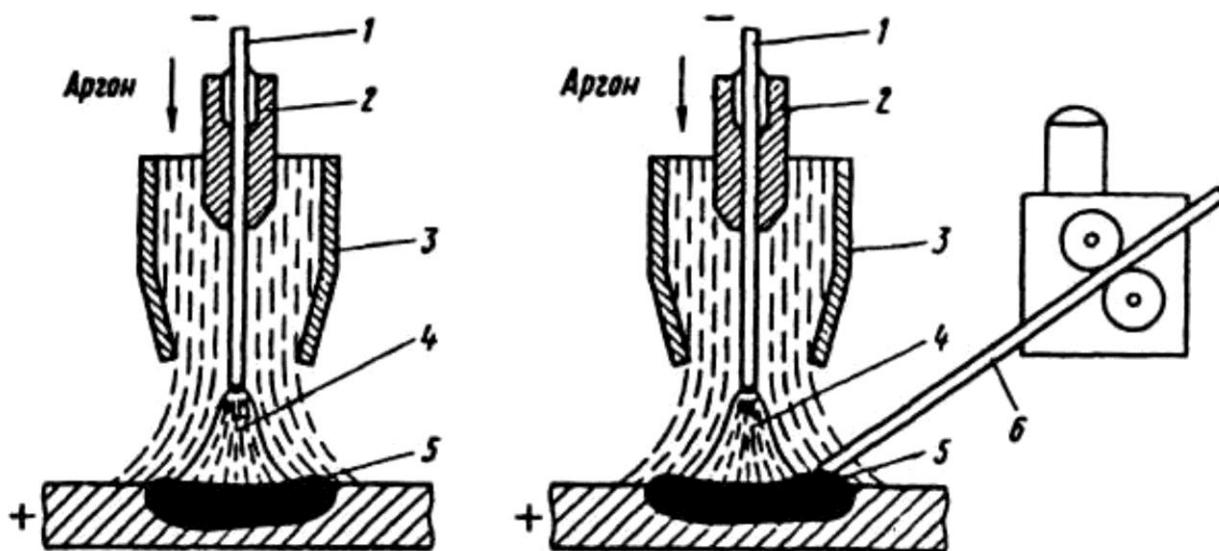
Преимуществами способа являются: высокая производительность, не требуется высокой квалификации сварщика (по сравнению со сваркой

неплавящимся электродом); хорошая защита зоны сварки (по сравнению со сваркой покрытым электродом).

В качестве недостатков способа можно отметить: разбрызгивание металла; опасность пористости (вместе с проволокой в шов заносятся водород и окисные плёнки); механические свойства шва хуже, чем при сварке неплавящимся электродом.

Сварка неплавящимся электродом (рис. 1.9)

При сварке неплавящимся электродом в инертном газе дуга нагревает и расплавляет металл в зоне сварки. Инертный защитный газ поступает из газового сопла, он защищает сварочную ванну и электрод от воздуха. В качестве защитного газа используют аргон, гелий или их смесь. Электрод выполняют из тугоплавкого материала, располагают в центре газового сопла. Присадочный материал подают в зону сварки обычно вручную. Питание дуги происходит источником переменного тока, который обеспечивает разрушение оксидной пленки.



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

Рисунок 1.10 – Схема сварки неплавящимся электродом

Угол между электродом и горизонтальной плоскостью должен составлять $70...80^\circ$, между присадочной проволокой и электродом - около 90° . Длина дуги не должна превышать $1,5...2,5$ мм. Присадочный пруток подается короткими возвратно-поступательными движениями, напоминающими движения кисти художника - приближается, касаясь кончиком края ванны, и отводится назад и вверх. Поперечные движения электрода и присадочного прутка недопустимы. Размеры сварочной ванны должны быть минимальными. Скорость сварки должна соответствовать сварочному току и расходу инертного газа. Чрезмерный расход последнего приводит к засасыванию в зону дуги воздуха, при малом течении газа или чрезмерно высокой скорости сварки качественная защита также не будет обеспечена.

Подача аргона включается за 3-5 секунд до поджога дуги, выключается через 5-7 после ее обрыва.

Преимущества сварки неплавящимся электродом: улучшается внешний вид и качество сварного соединения по сравнению с другими способами сварки; появляется возможность регулирования доли присадочного металла; малая зона термического влияния.

В качестве недостатков можно отметить следующие: уменьшается производительность сварки по сравнению с другими способами сварки; требуется высокая квалификация сварщика; предъявляются высокие требования к подготовке деталей и проволоки.

Сварка трёхфазной дугой (рис. 1.11)

При сварке трёхфазной дугой к двум вольфрамовым электродам и свариваемому изделию от трехфазного источника питания подводят переменный ток. Происходит одновременное горение трёх дуг – независимой дуги между электродами, двух дуг между электродом и изделием. Такая

трехфазная дуга имеет высокую устойчивость и производительность процесса [14].

При сварке трехфазной дугой существует возможность регулирования в широких пределах тепловложения в основной металл. При последовательном расположении электродов можно получить увеличение глубины проплавления, при параллельном расположении электродов увеличивается ширина шва и снижается глубина проплавления.

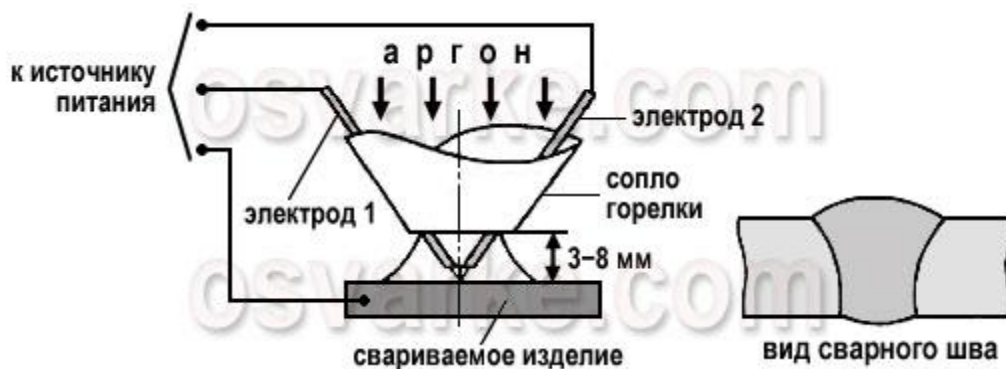


Рисунок 1.11 – Схема сварки трёхфазной дугой

Преимуществами трёхфазной сварки алюминиевых сплавов является: высокая проплавляющая способность дуги; высокая производительность; интенсивное катодное распыление оксидной плёнки.

Недостатками являются: сложность регулирования теплового режима сварки; требуется высокое качество подготовки присадочной проволоки.

1.5 Формулировка задач проекта

Анализ способов сварки, применяемых при ремонте деталей из алюминиевых сплавов, показал, что трехфазная дуга наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к источнику тепла при заварке дефектов. Тепловая мощность трехфазной дуги может изменяться от 500 до 5500 Вт при более высокой концентрации тепла, чем у однофазной дуги. Катодное распыление окиси алюминия при трехфазной дуге более интенсивно, чем при эквивалентных по мощности однофазных дугах переменного тока. Кроме того, трехфазная дуга не угасает при удалении горелки от поверхности изделия. В этот момент горит маломощная межэлектродная дуга, которая освещает зону ремонта, облегчает возбуждение зависимых дуг и в некоторых случаях обеспечивает локальный подогрев. Это обеспечивает ей широкую технологическую универсальность.

Все изложенные преимущества предлагаемого способа позволят повысить качество и производительность процесса ремонтной сварки типовых деталей.

Чтобы использовать трехфазную технологию сварки для нашего случая, в ходе выполнения работы решались следующие задачи:

- 1) Разработка технологии восстановления детали трехфазной дугой;
- 2) Выбор оборудования и расчет режимов для реализации предлагаемой технологии.
- 3) обеспечение безопасности и экологичности проекта.
- 4) расчёт экономической эффективности по предлагаемой технологии.

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ

2.1. Подготовительная операция

При сварке алюминиевых сплавов очень важно соблюдение чистоты поверхности деталей в месте сварки и присадочной проволоки, поэтому перед сваркой необходимо обеспечить тщательную очистку металла, удалить с него консервационные покрытия, жиры, влагу, окисную пленку алюминия и другие загрязнения [8].

Основным препятствием при сварке алюминиевых сплавов являются окисные пленки, которые покрывают поверхность ремонтируемых деталей и сварочной проволоки. При попадании в металл шва окисные пленки алюминия существенно снижают прочность и другие эксплуатационные характеристики. При хранении деталей в естественных условиях они покрываются слоем окиси, который предохраняет деталь от дальнейшей коррозии. После зачистки поверхность деталей практически сразу же начинает покрываться новым слоем окиси, толщина этого слоя восстанавливается в течение нескольких дней, таким образом, происходит защита металла детали от дальнейшего окисления. Полученная естественным путём защитная пленка на поверхности деталей имеет значительную толщину и тяжело удаляется в процессе сварки. Поэтому непосредственно перед сваркой поверхность детали и проволоку следует очистить от естественного слоя окиси и искусственно создать на ней тонкий слой окиси, который может сохраняться в течение 8...16 ч. Такой тонкий слой окиси относительно легко удаляется электрической дугой во время сварки [2].

Свариваемые детали обезжириваем в 10%-ном водном растворе щелочи NaOH, с температурой 60...70 °С. В процессе взаимодействия со щелочью окисная пленка алюминия стравливается с поверхности в течение 2...3 мин. После этого остатки щелочи и продукты реакции смывают с

поверхности деталей холодной водой. Для удаления влаги с поверхности изделия производят сушку сжатым воздухом.

Особенно тщательно производят очистку проволоки, так как наличие окислов и загрязнений на ее поверхности оказывает большее влияние на качество шва, чем наличие окислов на основном металле. Причем, чем меньше диаметр проволоки, тем больше влияние окисной пленки и загрязнений. Поверхность проволоки очищают только химическим способом. Сварочную проволоку желательно погружать в растворы не в бухтах, а протягивать последовательно через все растворы, подавая непосредственно на рубочный станок [8].

Для очистки поверхности алюминиевой сварочной проволоки рекомендуется следующая ее обработка: травление в 10%-ном растворе щелочи NaOH в течение 5...10 мин при $T = 60...70$ °С, промывка в холодной воде, сушка сжатым воздухом.

Окончательную очистку свариваемых кромок на ширине 15...25 мм производят непосредственно перед сваркой металлической щеткой. Желательно пользоваться щетками из нержавеющей стали (диаметр проволоки не более 0,15 мм). Наждачные круги или бумагу применять не рекомендуется, так как они быстро забиваются стружкой, оставляющей на поверхности металла большие царапины. В царапины забиваются мелкие частицы камня и бумаги, что при сварке может привести к образованию пор. Очищенные стальной щеткой кромки тщательно вытираются сухой чистой ветошью для удаления порошкообразных веществ. Подготовленные таким образом кромки пригодны к сварке в течение 5...6 часов. По истечении указанного срока кромки зачищают повторно [15].

Перед заваркой трещины следует выполнить её подготовку. Если заваривать трещину без подготовки, то может произойти дальнейшее распространение трещины. Первоначально тщательно осматривают трещину, определяют ее концы. Границы трещины можно легко обнаружить, если нагревать её газовой горелкой до температуры 100...150°С. Далее

засверливают сверлом диаметром 5 мм начало и конец трещины. Сверление следует выполнять так, чтобы центр выполняемого отверстия был на 3...5 мм дальше трещины. Разделку трещин и выборку дефектного металла следует производить подружкой при помощи зубила. Если трещина несквозная, то её необходимо разделять на глубину, которая превышает глубину залегания трещины более чем на 3 мм.

2.2 Способ сварки

Наиболее подходящим и эффективным способом для ремонта детали является трехфазная аргодуговая сварка с применением регулирования тепловложения. Этот способ позволяет повысить производительность процесса сварки по сравнению с обычной аргодуговой сваркой. В отличие от выше описанного способа трехфазной сварки к средней фазе источника питания подключается не изделие, а присадочная проволока (рис. 2.1). Такая схема подключения позволяет в широких пределах регулировать тепловой режим процесса сварки, так как часть сварочного тока, протекающего через изделие, перераспределяется на сварочную проволоку, т.е. дуга горит и на изделие и на присадку. В результате разогревается присадочный материал и в большей степени осуществляется его очистка от окисной пленки за счет механизма катодного распыления.

Используя трехфазную дугу с контролируемым тепловложением, можно сваривать изделия со стенкой толщиной до 1 мм, автоматически регулируя тепловложение в изделие и не допуская прожогов. Предложенный способ можно реализовать как при ручной, так и автоматической сварке любых доступных поверхностей. Автоматическое регулирование тепловложения при сварке дает уменьшение уровня остаточных деформаций примерно в два раза и увеличивает количество наплавленного металла в два раза по сравнению с традиционными методами наплавки.

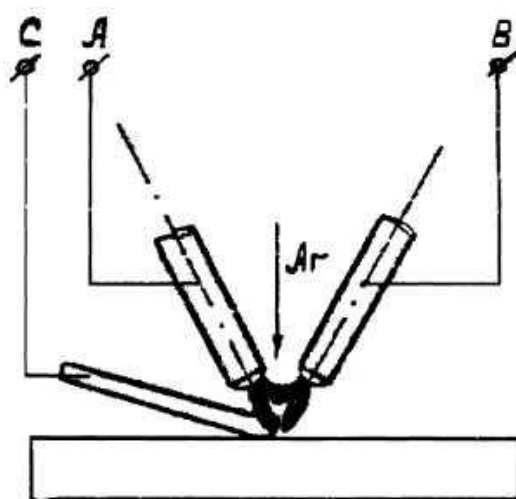


Рисунок 2.1 – Сварка трехфазной дугой с применением регулирования тепловложения

Технология ремонтной сварки трехфазной дугой имеет некоторое отличие от обычной аргодуговой неплавящимся электродом. Если возбуждение однофазной дуги производится на детали над дефектом или вблизи его, то трехфазная дуга возбуждается чаще всего вне детали касанием угля электродами горелки или разрядом осциллятора. Постепенное подведение трехфазного факела к дефектному месту на детали позволяет выбирать наиболее рациональную схему заварки и начать разогрев намеченного участка, не нарушая формы поверхности отливки около дефекта. В процессе заварки важно обеспечить необходимый тепловой режим сварочной ванны во избежание чрезмерных проплавов, подрезов. Обычно температуру ванны регулируют подачей присадочного материала и перемещениями дуги на менее разогретые участки. При трехфазной дуге регулировать тепловложение возможно увеличением длины дуги без риска ее обрыва. Это позволяет прокладывать швы через различные впадины, ребра, выступы, не прерывая процесса. Это особенно важно при ремонте отливок сложной конфигурации, когда различные ребра и приливы резко изменяют тепловую ситуацию около сварочной ванны [16].

Подбор параметров режимом ремонтной трехфазной сварки с применением регулирование тепловложения, приведенные в таблице 2.1, подбирали по литературе [2].

Таблица 2.1 – Ориентировочные режимы аргонодуговой сварки алюминия трехфазной дугой

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

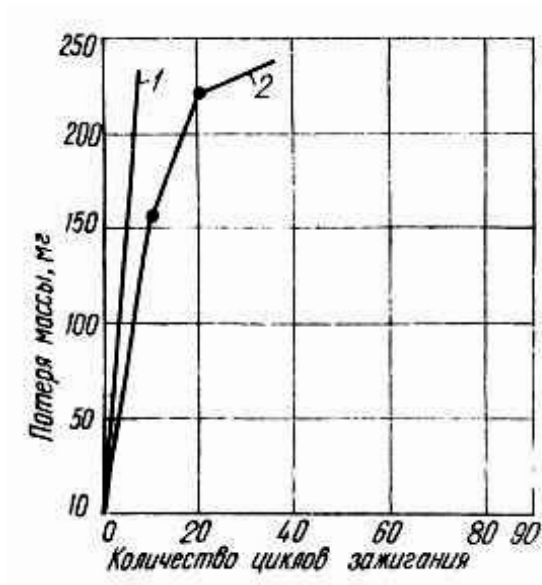
Для того чтобы заварить дефект нужно произвести следующие действия:

- замкнуть присадочную проволоку на деталь;
- развести сварочную ванну;
- переместить присадочную проволоку в сварочную ванну;
- наплавить валик.

Для регулировки количества наплавленного металла необходимо чередовать переключение в процессе сварки присадочной проволоки между сварочной горелкой и изделием.

2.3 Сварочные материалы

В качестве неплавящихся электродов для аргодуговой сварки используют вольфрамовые электроды. Повышение качества сварки возможно, если применять электроды не из чистого вольфрама, а с активирующими добавками. Добавка при изготовлении электродов оксида лантана в количестве 1,5...2 % повышает стойкость электродов и позволяет повысить сварочный ток на 15 % (рис. 2.2). Характеристика электродов ЭВЛ приведена в таблице 2.2.



1 – чистый вольфрам; 2 – лантанированный вольфрам

Рисунок 2.2 – Зависимость расхода вольфрама от количества циклов зажигания дуги

Таблица 2.2 – Характеристика электродов ЭВЛ (ГОСТ 13949–80) [1]

Марка электрода	Содержание добавки, %	Маркировка торцов прутков	Размер прутков, мм		Допустимая токовая нагрузка, А при диаметре, мм			
			диаметр	длина	2	3	4	5
ЭВЛ	1,1...1,4	Черный	1,0...4,0	75; 150	20	190	380	590

Для защиты расплавленного металла сварочной ванны и проволоки при сварке алюминия и его сплавов применяют аргон высшего сорта по ГОСТ 10157–79 (табл. 2.3). Аргон поставляется в баллонах под давлением

15 МПа, в каждом баллоне находится 6,2 м³ газообразного аргона. Баллон для хранения аргона окрашен в серый цвет, надпись зеленого цвета.

Таблица 2.3 – Состав газообразного аргона [1]

Сорт аргона	Содержание, об %			Влага, г/м ³
	Аргон	Азот	Кислород	
Высший	≤ 99,99	≤ 0,006	≤ 0,0007	≤ 0,007

Наличие в литейных сплавах повышенных количеств кремния, меди, магния вызывает необходимость сварки их высоколегированными проволоками. Для сварки сплава АЛ4 можно применить проволоку СвАК5 [1]. Химический состав проволоки приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Химический состав проволоки СвАК5 [1]

Проволока	Основные компоненты		Примеси, не более			Прочие примеси	Сумма примесей
	Al	Si	Fe	Zn+Sn	Cu		
СвАК5	Остальное	4,5—6	0,6	0,1	0,2	0,1	1,0

В области сварки алюминиевых сплавов известно, что рост крупных зерен является нежелательным, так как он может привести к трещинам и образованию горячих трещин. Одним из способов предупреждения роста крупных зерен является введение циркония или титана в присадочную проволоку (сварочную проволоку). Традиционной присадочной проволокой для сварки деталей из алюминиевого сплава является проволока из алюминиевого сплава диаметром обычно от 0,8 до 3,2 мм, содержащая те химические элементы, которые требуется ввести в сварное соединение. В этом контексте следует различать основу сплава проволоки, которую выбирают по ее металлургической совместимости со свариваемыми

изделиями, и присадки, роль которых заключается в том, чтобы модифицировать первичную структуру затвердевания сварного соединения. Основа сплава присадочной проволоки должна обеспечивать получение зоны сварного шва с повышенной механической прочностью. Но именно первичная структура затвердевания сварного соединения может являться источником дефектов, некоторые из которых заметны сразу, тогда как другие можно обнаружить только после эксплуатации сварной конструкции в течение некоторого времени [17].

Для повышения коррозионной стойкости металла шва в присадочную проволоку дополнительно введены (в %): хром 0,8...1,2 и цирконий 0,7...1,2 (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Химический состав предлагаемой проволоки

Основные компоненты				Примеси, не более		
Al	Si	Cr	Zr	Fe	Zn+Sn	Cu
Остальное	4,5...6	0,8...1,2	0,7...1,2	0,6	0,1	0,2

Аргонодуговая сварка с использованием описываемой проволоки дает возможность получить металл шва с повышенной коррозионной стойкостью и измельченной структурой, позволяющей предотвратить появление межкристаллитных разрушений.

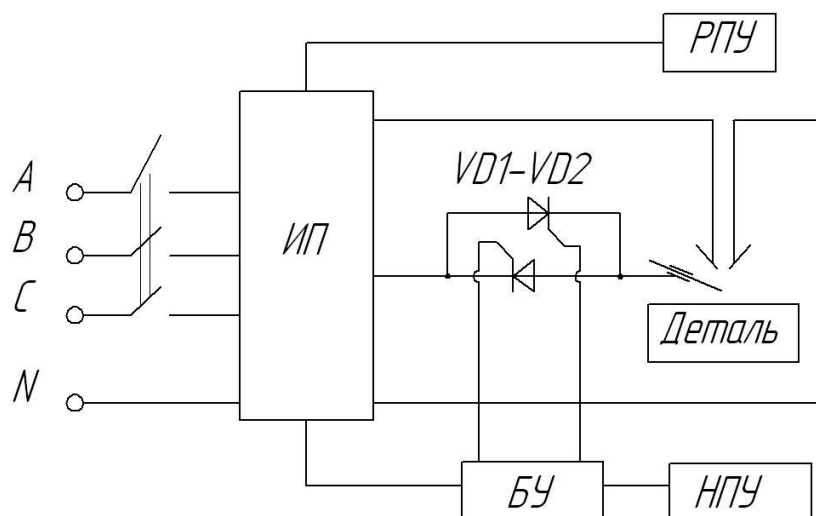
2.4 Сварочное оборудование

Применяемые для ремонтной сварки и наплавки изделий из легких сплавов источники питания дуги (УДАР-300, ТИР-300 и др.) отличаются узкими технологическими возможностями и не обеспечивают регулирование параметров режима в процессе сварки. В связи с этим было необходимо разработать комплект универсального оборудования, надежного и прочного по конструкции, с достаточно высокой тепловой мощностью и устойчивостью сварочной дуги, обеспечивающего возможность плавно и в большом диапазоне регулировать сварочный ток, заваривать кратеры, работать в режиме сварки и подогрева и имеющего дистанционное управление источника питания. Кроме того, при работе на данном оборудовании должны быть обеспечены удобство и простота настройки и управления параметрами сварки, а также соблюдение эргономических требований и техники безопасности.

В Тольяттинском политехническом институте разработана серия источников питания, обеспечивающих стабильных трехфазный процесс. Один из них — источник УДГТ-315 — использовали в качестве базы при разработке комплекта универсального оборудования. Данный источник имеет крутопадающую внешнюю вольтамперную характеристику, которая задается сварочным трансформатором с увеличенным потоком рассеяния. Сварочный ток регулируют в диапазоне 135...550 А путем изменения расстояния между первичными и вторичными обмотками. Подавление постоянной составляющей осуществляют с помощью конденсаторной батареи, включенной в цепь изделия.

Для расширения технологических возможностей установку дополнительно укомплектовали тиристорным регулятором тока VD1—VD2 (рис. 2.3), включенным в сварочную цепь проволоки. Схема управления обеспечивает плавное отпирание и закрытие тиристоров за регулируемый промежуток времени и позволяет изменять сварочный ток от нуля до

номинального. Направление регулирования задается с пульта управления и при необходимости может быть изменено в любой момент процесса.



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

Рисунок 2.3 – Блок-схема сварочного поста

Для удобства управления и простоты настройки источника питания ИП и заварки определенного типа дефектов в комплект сварочного поста включены два дистанционных пульта управления — ручной (РПУ) и ножной (НПУ).

Первый позволяет настраивать источник питания перед сваркой: устанавливать номинальное значение сварочного тока, включать и отключать источник питания, контролировать величину с помощью цифровой индикации.

Второй представляет собой устройство с двумя педалями и служит для управления источником при сварке. Он позволяет зажигать и гасить дугу, регулировать сварочный ток и переключать источник питания в режим подогрева (т.е. отключать среднюю фазу). Необходимость ножного пульта управления обусловлена тем, что ремонтную сварку, как правило,

осуществляют вручную, когда оператор держит горелку и присадочный пруток, а видимость ограничена защитной маской.

Инструментом для заварки дефектов служит разработанная в институте сварочная двухэлектродная горелка РГТ-6 для сварки (током до 350 А) в любом пространственном положении с подсветкой и местным подогревом дефектного участка. При этом обеспечивается надежная защита сварочной ванны от воздействия воздуха.

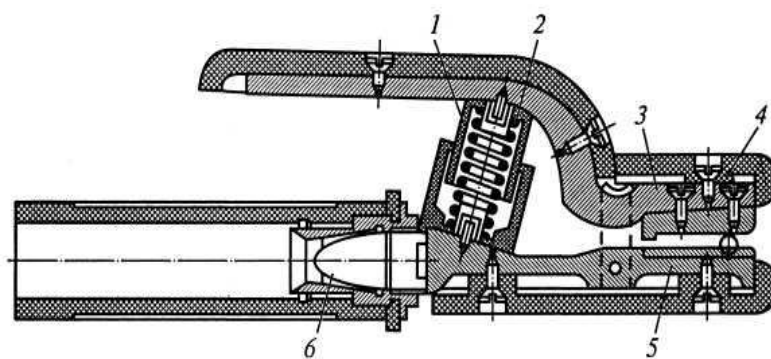
Разработанный комплект оборудования для ремонтной сварки изделий из легких сплавов, состоящий из источника питания, двух пультов управления и сварочной горелки, обладает широкими технологическими возможностями, универсален, прост в управлении [18].

Характеристика установки УДГТ-315 приведена в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Характеристика установки УДГТ-315

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

Присадочная проволока подается вручную. Для крепления проволоки, подвода к ней сварочного тока и манипулирования проволокой служит электрододержатель. Электрододержатель должен быть легким (не более 0,5 кг) и удобным, иметь надежную изоляцию, не нагреваться при работе, обеспечивать быстрое и надежное закрепление проволоки. Будем использовать пассатижный электрододержатель типа ЭД-31 (рис. 2.4) [19]. Сварочный провод, подводящий ток к электрододержателю, должен обладать достаточно высокой гибкостью для облегчения манипуляции с проволокой. Характеристика электрододержателя ЭД-31 приведена в таблице 2.7.



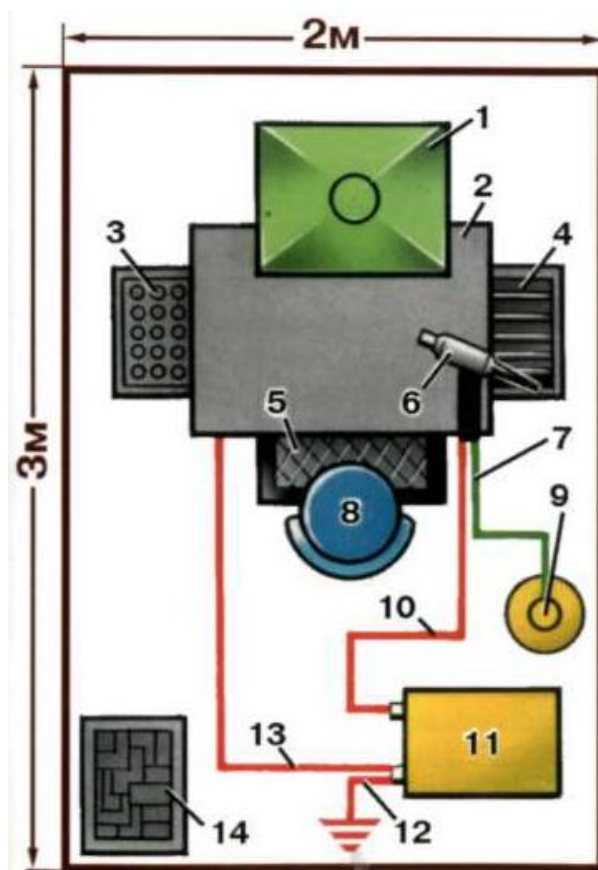
- 1 — защитный колпачок пружины; 2 — пружина;
 3 — рычаг с верхней губкой; 4 — теплоизоляционная защита;
 5 — нижняя губка; 6 — конус резьбовой втулки

Рисунок 2.4 – Электрододержатель пассатижный:

Таблица 2.7 – Характеристики электрододержателя ЭД-31 [19]

Тип электрододержателя	Номинальные параметры			Максимальная сила тока, А, при ПВ, %		Диаметр электрода, мм	
	сила сварочного тока, А	продолжительность цикла сварки, мин	продолжительность включения ПВ, %	100	35	номинальный	наибольший
ЭД-31	315	5	60	250	400	4	6

Оборудование на участке ремонтной сварки размещают в соответствии с требованиями безопасности работ. Полезная площадь кабины (рис. 2.5) должна быть не менее 3 м², высота стен – не менее 2 м, зазор между стенками и полом – 5 см. Сварочный пост снабжают вентиляционной установкой для отсоса газов, аэрозолей и т.д., а также ограждают металлическими щитами или шторами из материала с огнестойкой пропиткой.



1-вентиляция, 2-рабочий стол, 3-ящик для электродов, 4-ящик для 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 2.5 – Организация рабочего места для сварки

2.5 Контрольная операция

Дефекты сварки, снижающие качество конструкций, должны быть обнаружены и устранены. Для этого необходимо проводить контроль качества готовых изделий. Внешний осмотр — наиболее дешевый, оперативный и достаточно информативный метод контроля.

Внешним осмотром могут быть обнаружены видимые дефекты — прожоги, непровары, подрезы, трещины, поверхностные поры, вольфрамовые включения, кратеры, цвета побежалости, усиление швов и тому подобные дефекты [1].

На готовых изделиях необходимо произвести осмотр сварного шва и зоны основного металла, которая прилегает к шву на расстоянии не менее 20 мм. Перед осмотром необходимо произвести очистку от шлака, брызг и различного вида загрязнений. О качестве шва можно судить по постоянству геометрических размеров сварного шва, его внешнему виду, равномерной чешуйчатости, а также по цвету поверхности изделия [20]. Не допускается какое бы то ни было уменьшение фактического размера шва по сравнению с заданным (номинальным) размером [19, 20].

Производят осмотр подготовленных сварных соединений невооруженным глазом или с использованием лупы 4...10-кратного увеличения. Размеры сварных швов контролируют измерительным инструментом или специальными шаблонами [1]. Помимо универсального мерительного инструмента контроль размеров шва может производиться с использованием шаблонов. Осмотр швов, которые недоступны прямому наблюдению, проводят с применением оптических приборов — эндоскопов. Обычно могут применяться медицинские бронхоскопы, перископы или волоконная оптика [10, 20].

Возможность выявления дефектов определяется освещенностью, индивидуальными свойствами зрения, яркостью, цветом, угловыми размерами

и резкостью контура дефекта, а также контрастом между дефектом и поверхностью изделия [10].

Для обнаружения внутренних дефектов используем ультразвуковой метод контроля. Для этого необходимо смазать поверхность детали техническим маслом и установить на него преобразователь дефектоскопа УД2-12. Перемещая преобразователь от торца к середине детали получаем на экране сигналы. По ним в определяем типы дефектов и класс их дефектности.

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Оборудование на участке ремонтной сварки размещают в соответствии с требованиями безопасности работ. Полезная площадь кабины составляет не менее 3 м², высота стен – не менее 2 м, зазор между стенками и полом – 5 см. Сварочный пост снабжают вентиляционной установкой для отсоса газов, аэрозолей и т.д., а также ограждают металлическими щитами или шторами из материала с огнестойкой пропиткой. В состав поста для ремонтной сварки входят: вентиляция, рабочий стол, ящик для электродов, ящик для деталей, диэлектрический коврик, горелка, газовый рукав, стул, газовый баллон, источник питания дуги, заземление, ящик для отходов

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4
1. Подготовка к ремонтной сварке	Электрогазосварщик	Щётка металлическая, ванна, компрессор, сборочное приспособление, сверлильный станок	Раствор едкого натра 10%, вода техническая, воздух сжатый

1	2	3	4
2. Ремонтная сварка	Электрогазосварщик	Сборочное приспособление, источник питания УДГУ-315, сварочная горелка РГТ-6	Ацетон, вата, аргон, присадочная проволока
3. Контроль качества ремонтной сварки	Дефектоскопист	Контрольный стол, лупа, дефектоскоп УД2-102,	Масло техническое, кисть

3.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка к ремонтной сварке	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Щётка металлическая, грани изделия, сборочное приспособление

1	2	3
2. Ремонтная сварка	<ul style="list-style-type: none"> - высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне 	Сборочное приспособление, источник питания УДГУ-315, сварочная горелка РГТ-6
3. Контроль качества ремонтной сварки	<ul style="list-style-type: none"> - наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне 	Края изделия, приспособление для сборки, аппаратура ультразвукового контроля

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.

1	2	3
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	-
5. Высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Экранирование места сварки щитами	Спецодежда, маска сварщика
6. Высокий уровень инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок сварки	Стенд для сварки, аппарат контроля, источник питания	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода;	вынос (замыкание) высокового электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-80	Первичные средства для тушения			
Пожарные автомобили (вызываются)	Мобильные средства для тушения			
'	Стационарные системы и установок для тушения			
'	Пожарная автоматика			
Краны пожарные напорные пожарные рукава	Пожарное оборудование			
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре			
Лопата, багор, топор	Пожарный инструмент			
Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.			

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Ремонтная сварка, контроль качества сварки	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Ремонтная сварка, контроль качества сварки	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы; сажа	Остатки масла	упаковка от проволоки и бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Ремонтная сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по разделу

При выполнении данного раздела выявлены опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие проектную технологию. Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов проекта. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. Наблюдается угроза экологической безопасности. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитарию.

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ

В экономическом разделе необходимо определить затраты на материалы, электроэнергию, заработную плату, составляют калькуляцию себестоимости единицы изделия (по базовому и проектному вариантам), рассчитывают годовой экономический эффект от внедрения разрабатываемого проекта в производство. Также в этом разделе рассчитывают процент снижения себестоимости восстанавливаемого изделия и снижение трудоемкости работ.

В качестве базового варианта примем аргонодуговую сварку неплавящимся электродом с подачей присадочной проволоки. Этот способ имеет значительные недостатки, влияющие на свариваемость наплавляемого слоя с основным металлом, также приводящие к разупрочнению основного металла в зоне ремонта и короблению детали, получение удовлетворительного качества сварки затруднительно и требует значительных энергетических и материальных затрат.

Для устранения всех этих недостатков в Тольяттинском государственном университете был разработан способ и оборудование для ремонтной сварки изделий из алюминиевых сплавов трёхфазной дугой с подключением присадочной проволоки в среднюю фазу.

Таблица 4.1 – Исходные данные, необходимые для проведения расчета экономической эффективности

№ п/п	Показатель	Варианты		Усл. обозн.	Ед. измер.
		базовый	проектный		
	1	2	3	4	5
1	Цена материала: аргон	80	80	Ц _м	руб./м ³
	присадочная проволока	130	130		руб./кг
	вольфрамовый электрод	3000	3000		руб./кг

Продолжение таблицы 4.1

2	Норма расхода: аргон присадочная проволока вольфрамовый электрод	0,0252 0,414 0,0004 95	0,0216 0,342 0,0004 68	H_p	m^3 кг кг
3	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	1,05	1,05	$K_{Т-З}$	—
4	Коэффициент доплат к основной заработной плате	1,88	1,88	K_D	—
5	Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	12	12	$K_{ДОП}$	%
6	Коэффициент отчислений на социальные нужды	26,2	26,2	$K_{СС}$	%
7	Норма амортизационных отчислений на оборудование	18	18	H_A	%
8	Балансовая стоимость оборудования	50000	70000	$Ц_{ОБ}$	руб.
9	Мощность установки	3	3,5	M_y	кВт
10	Коэффициент полезного действия	0,6	0,7	КПД	—
11	Стоимость электроэнергии	1,75	1,75	$Ц_{ЭЭ}$	руб./кВт
12	Цена площади	3000	3000	$Ц_{ПЛ}$	руб./м ²
13	Площадь, занимаемая оборудованием	5	6	S	м ²
14	Коэффициент затрат на монтаж (демонтаж) оборудования	1,03	1,03	$K_{МОНТ}$	—
15	Нормативный коэффициент эффективности доп. кап. вложений	0,33	0,33	E_H	—
16	Коэффициент цеховых расходов	2,50	2,50	$K_{ЦЕХ}$	—

Продолжение таблицы 4.1

17	Коэффициент заводских расходов	1,50	1,50	$K_{ЗЗВ}$	—
18	Коэффициент внепроизводственных расходов	0,05	0,05	$K_{ВН}$	—
19	Коэффициент прибыли предприятия	0,3	0,3	$K_{ПР}$	—
20	Часовая тарифная ставка (V разряд)	24,49	24,49	$C_{ч}$	руб./час
21	Норма машинного времени	0,3	0,25	$t_{маш}$	час

4.1 Расчёт нормы времени на восстановление детали

Рассчитываем нормы времени с применением формулы:

$$T_{ШТ} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{П-З}, \quad (4.1)$$

где $t_{МАШ}$ – машинное время, рассчитывается по тех. процессу;

$t_{ВСП}$ – вспомогательное время, $t_{ВСП} = 15\%$ от $t_{МАШ}$;

$t_{ОБСЛ}$ – время на обслуживание оборудования и рабочего места,
 $t_{ОБСЛ} = 10\%$ от $t_{МАШ}$;

$t_{ОТЛ}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{ОТЛ} = 5\%$ от $t_{МАШ}$;

$t_{П-З}$ – время подготовительно-заключительное, $t_{П-З} = 2\%$ от $t_{МАШ}$.

$$T_{ШТ.Баз.} = 0,3 + 0,045 + 0,03 + 0,015 + 0,006 = 0,396 \text{ ч.}$$

$$T_{ШТ.Пр.} = 0,25 + 0,0375 + 0,025 + 0,0125 + 0,005 = 0,33 \text{ ч.}$$

4.2. Расчет фонда времени работы оборудования

Расчёт номинального годового фонда времени работы оборудования производим по формуле:

$$F_{Н} = (D_{Р} \cdot T_{СМ} - D_{П} \cdot T_{П}) \cdot C \quad (4.2)$$

где $D_{Р}$ - количество рабочих дней в году;

$T_{СМ}$ - продолжительность смены;

$D_{П}$ - количество предпраздничных дней;

T_{II} - количество часов, на которые сокращена смена в предпраздничные дни;

C - количество смен

$$F_H = (300 \cdot 8 - 52 \cdot 2) \cdot 1 = 2032 \text{ часов}$$

Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$F_{\text{Э}} = F_H \cdot (1 - B/100), \quad (4.3)$$

где B – плановые потери рабочего времени. $B = 7 \%$.

$$F_{\text{Э}} = 2032 \cdot (1 - 7/100) = 1890 \text{ часов}$$

Определение годовой программы выпуска:

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

$$P_{\Gamma.\text{Баз.}} = 1890 / 0,396 = 4772 \text{ шт}$$

$$P_{\Gamma.\text{Пр.}} = 1890 / 0,33 = 5727 \text{ шт}$$

Принимаем для расчетов $P_{\Gamma} = 4500$ шт в год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования производим по формуле

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot P_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

где $n_{\text{РАСЧ}}$ – расчетное количество мест (шт.);

$F_{\text{Э}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);

$t_{\text{шт}}$ – штучное время обработки детали (час.);

P_{Γ} – производственная программа восстановления деталей (шт./год);

$K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения нормы.

$$n_{\text{РАСЧ.Баз.}} = \frac{0,396 \cdot 4500}{1890 \cdot 1,1} = 0,9 \text{ ед}$$

$$n_{\text{РАСЧ.Пр.}} = \frac{0,33 \cdot 4500}{1890 \cdot 1,1} = 0,75 \text{ ед}$$

Принимаем по 1 единице оборудования по базовому и проектному вариантам

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) на каждой операции:

$$K_{\text{ЗОБ}} = \frac{n_{\text{РАСЧ}}}{n_{\text{ПР}}} \quad (4.6)$$

$$K_{\text{З.Баз.}} = \frac{0,9}{1} = 0,9$$

$$K_{\text{З.Пр.}} = \frac{0,75}{1} = 0,75$$

4.3 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Расчёт затрат на основные и вспомогательные материалы и полуфабрикаты производим по формуле:

$$M = \Sigma (C_M \cdot N_P \cdot K_{\text{T-З}}), \quad (4.7)$$

где C_M – стоимость материала;

N_P – норма расхода;

$K_{\text{T-З}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

$$M_{\text{Баз.}} = (80 \cdot 0,0252 + 130 \cdot 0,414 + 3000 \cdot 0,000495) \cdot 1,05 = 60,18 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{Пр.}} = (80 \cdot 0,0216 + 130 \cdot 0,342 + 3000 \cdot 0,000468) \cdot 1,05 = 49,97 \text{ руб.}$$

Расчёт фонда заработной платы основных производственных рабочих включает в себя основную и дополнительную заработную плату.

Расчёт затрат на основную заработную плату:

$$Z_{\text{ОСН}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{ШТ}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка, руб/час;

$t_{\text{ШТ}}$ – норма штучного времени, час;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат к основной заработной плате.

$$Z_{\text{ОСН. Баз.}} = 24,49 \cdot 0,396 \cdot 1,88 = 17,95 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ОСН. Пр.}} = 24,49 \cdot 0,33 \cdot 1,88 = 15,19 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на дополнительную заработную плату производим по формуле:

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

где $К_{\text{доп}}$ – коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, %.

$$З_{\text{доп.б.}} = 17,95 \cdot \frac{12}{100} = 2,15 \text{руб.}$$

$$З_{\text{доп.пр.}} = 15,19 \cdot \frac{12}{100} = 1,82 \text{руб.}$$

$$\text{ФЗП баз.} = 17,95 + 2,15 = 20,1 \text{руб.};$$

$$\text{ФЗП пр.} = 15,19 + 1,82 = 17,01 \text{руб.}$$

Расчёт отчислений на социальные нужды производим по формуле:

$$О_{\text{сс}} = \frac{\text{Фот} \cdot К_{\text{сс}}}{100}, \quad (4.10)$$

где $К_{\text{сс}}$ — коэффициент отчислений на социальные нужды.

$$О_{\text{сс.б.}} = \frac{(17,95 + 2,15) \cdot 26}{100} = 5,23 \text{руб.}$$

$$О_{\text{сс.пр.}} = \frac{(15,19 + 1,82) \cdot 26}{100} = 4,42 \text{руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$З_{\text{об}} = А_{\text{об}} + Р_{\text{э-э}} \quad (4.11)$$

где $А_{\text{об}}$ - амортизация оборудования;

$Р_{\text{э-э}}$ - расхода на электроэнергию.

Затраты на амортизацию оборудования:

$$А_{\text{об.}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot Н_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.12)$$

где $t_{\text{маш}}$ – машинное время, час;

$Н_{\text{а}}$ – норма амортизации оборудования, %;

$Ц_{\text{об}}$ – балансовая стоимость оборудования, руб;

$F_{\text{э}}$ – годовой эффективный фонд времени работы оборудования, час.

$$А_{\text{об.б.}} = \frac{50000 \cdot 18 \cdot 0,3}{1890 \cdot 100} = 1,1 \text{руб.}$$

$$A_{\text{Об.Пр.}} = \frac{70000 \cdot 18 \cdot 0,25}{1890 \cdot 100} = 1,2 \text{ руб.}$$

Расчёт расходов на электроэнергию производим по формуле:

$$P_{\text{ЭЭ}} = \frac{M_y \cdot T_{\text{Маш}} \cdot C_{\text{ЭЭ}}}{\text{КПД}}, \quad (4.13)$$

где M_y – потребляемая мощность установки, кВт;

$T_{\text{Маш}}$ – время работы установки, час;

КПД – коэффициент полезного действия установки;

$C_{\text{ЭЭ}}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час.

$$P_{\text{ЭЭ.Б.}} = \frac{3 \cdot 0,3 \cdot 1,75}{0,6} = 2,63 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ЭЭ.Пр.}} = \frac{3,5 \cdot 0,25 \cdot 1,75}{0,7} = 2,19 \text{ руб.}$$

Итого затраты на оборудование

$$Z_{\text{Об.Баз.}} = 1,1 + 2,63 = 3,73 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{Об.Пр.}} = 1,2 + 2,19 = 3,39 \text{ руб}$$

Расчёт амортизационных отчислений на производственную площадь производим по формуле:

$$A_{\text{Пл}} = \frac{C_{\text{Пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{E_3}, \quad (4.14)$$

где $C_{\text{Пл}}$ – стоимость аренды 1 м² площади, руб/м²;

S – используемая площадь, м²;

$T_{\text{шт}}$ – штучное время, час.

$$A_{\text{Пл.Б.}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 0,396}{1890} = 3,1 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{Пл.Пр.}} = \frac{3000 \cdot 6 \cdot 0,33}{1890} = 2,6 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию площадей:

$$P_{\text{Пл}} = \frac{C_{\text{эксп}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{E_3}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{эксп}}$ – стоимость эксплуатации производственной площади, руб/м²;

$$P_{\text{пл.б.}} = \frac{300 \cdot 5 \cdot 0,396}{1890} = 0,31 \text{руб.}$$

$$P_{\text{пл.пр.}} = \frac{300 \cdot 6 \cdot 0,33}{1890} = 0,26 \text{руб.}$$

Итого затраты на производственные площади:

$$Z_{\text{пл}} = A_{\text{пл}} + P_{\text{пл}} \quad (4.16)$$

$$Z_{\text{пл баз.}} = 0,31 + 3,1 = 3,41 \text{руб}$$

$$Z_{\text{пл пр}} = 2,6 + 0,26 = 2,86 \text{руб}$$

Технологическая себестоимость восстановления детали по вариантам:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi_{\text{от}} + O_{\text{СС}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл.}} \quad (4.17)$$

$$C_{\text{ТЕХ. баз.}} = 60,18 + 20,1 + 5,23 + 3,41 = 92,65 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ. пр.}} = 49,97 + 17,01 + 4,42 + 3,39 + 2,86 = 77,65 \text{руб.}$$

4.4 Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}}, \quad (4.18)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}} = K_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}}$ — цеховые расходы,

$K_{\text{ЦЕХ}}$ — коэффициент цеховых расходов.

$$C_{\text{ЦЕХ. баз.}} = 92,65 + 2,5 \cdot 17,95 = 137,5 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ. пр.}} = 77,65 + 2,5 \cdot 15,19 = 115,6 \text{руб.}$$

4.5 Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}}, \quad (4.19)$$

где $P_{\text{ЗАВ}} = K_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}}$ — расходы заводские,

$K_{\text{ЗАВ}}$ — коэффициент заводских расходов.

$$C_{\text{ЗАВ. баз.}} = 137,5 + 1,5 \cdot 17,95 = 164,4 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ. пр.}} = 115,6 + 1,5 \cdot 15,19 = 138,4 \text{руб.}$$

4.6 Полная себестоимость

$$C_{\text{ПОЛН}} = C_{\text{ЗАВ}} + P_{\text{ВН}}, \quad (4.20)$$

где $P_{\text{ВН}}$ — коэффициент внепроизводственных расходов (%):

$$P_{\text{ВН}} = C_{\text{ЗАВ}} \cdot \frac{K_{\text{ВН}}}{100} \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ВН}}$ – коэффициент внепроизводственных расходов (%).

$$P_{\text{ВН баз.}} = 164,4 \cdot 0,05 = 8 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ВН пр}} = 138,4 \cdot 0,05 = 7 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ПОЛН.БАЗ.}} = 164,4 + 8 = 172,4 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ПОЛН.ПР}} = 138,4 + 7 = 146,4 \text{ руб.}$$

Таблица 4.2 – Калькуляция полной себестоимости сварки по вариантам

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
			базовый	проектный
1	Материалы	М	60,18	49,97
2	Фонд заработной платы	ФЗП	20,1	17,01
3	Отчисления на соц. нужды	Осс	5,23	4,42
4	Расходы на оборудование	Зоб	3,73	3,39
5	Затраты на площади	Зпл	3,41	2,86
6	Себестоимость технологич.	$C_{\text{ТЕХ}}$	95,05	80,42
7	Расходы цеховые	$P_{\text{ЦЕХ}}$	44,88	37,98
8	Себестоимость цеховая	$C_{\text{ЦЕХ}}$	137,5	115,6
9	Расходы заводские	$P_{\text{ЗАВ}}$	26,92	22,79
10	Себестоимость заводская	$C_{\text{ЗАВ}}$	164,4	138,4
11	Внепроизводственные расходы	$P_{\text{ВН}}$	8	7
12	Себестоимость полная	$C_{\text{ПОЛН}}$	172,4	146,4

Расчет отпускной цены предприятия

$$Ц_{\text{ОТП}} = C_{\text{ПОЛН}} + \text{ПР}, \quad (4.22)$$

где ПР – прибыль предприятия (руб.):

$$\text{ПР} = C_{\text{ПОЛН}} \cdot \frac{K_{\text{ПР}}}{100}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{ПР}}$ – коэффициент, учитывающий прибыль предприятия (%).

$$\text{ПР}_{\text{Баз}} = 172,4 \cdot 0,3 = 49 \text{ руб}$$

$$\text{ПР}_{\text{ПР}} = 146,4 \cdot 0,3 = 41 \text{ руб}$$

$$Ц_{\text{ОТП.БАЗ}}=172,4+49=221,4 \text{ руб}$$

$$Ц_{\text{ОТП.ПР}}=146,4+41=187,4 \text{ руб}$$

4.7 Расчет капитальных затрат для осуществления технологического процесса

Расчет затрат на оборудование:

$$K_{\text{ОБ}} = Ц_{\text{ОБ}} \cdot K_{\text{T-З}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.24)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж (демонтаж) оборудования.

$$K_{\text{ОБ. Баз.}} = 50000 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 54075 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБ. ПР.}} = 70000 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 75705 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на площадь, необходимую для осуществления технологического процесса:

$$K_{\text{ПЛ}} = S \cdot Ц_{\text{ПЛ}}. \quad (4.25)$$

$$K_{\text{ПЛ. Баз.}} = 5 \cdot 3000 = 15000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ПЛ. ПР.}} = 6 \cdot 3000 = 18000 \text{ руб.}$$

Общие капиталовложения:

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{ПЛ}}. \quad (4.26)$$

$$K_{\text{ОБЩ. Баз.}} = 54075 + 15000 = 69075 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ. ПР.}} = 75705 + 18000 = 93705 \text{ руб.}$$

Удельные капиталовложения.

$$\hat{E}_{\text{ОА}} = \frac{\hat{E}_{\text{А}} \hat{A} \hat{U}}{\hat{I}_{\text{А}}}, \quad (4.27)$$

где $\Pi_{\text{Г}}$ — годовая программа выпуска изделий, шт.

$$K_{\text{уд.б.}} = \frac{69075}{4500} = 13,81 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд.пр.}} = \frac{93705}{4500} = 18,74 \text{ руб.}$$

Дополнительные капиталовложения:

$$\Delta K = K_{\text{ОБЩ. ПР.}} - K_{\text{ОБЩ. Б.}} \quad (4.28)$$

$$\Delta K = 93705 - 69075 = 24630 \text{ руб.}$$

4.8 Расчет экономической эффективности

Расчёт показателя снижения трудоемкости производим по формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{шт.Б.}} - t_{\text{шт.ПР.}}}{t_{\text{шт.Б.}}} \cdot 100\% , \quad (4.29)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,396 - 0,33}{0,396} \cdot 100\% = 15,38\% .$$

Расчёт показателя снижения себестоимости производим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХ.Б.}} - C_{\text{ТЕХ.ПР.}}}{C_{\text{ТЕХ.Б.}}} \cdot 100\% , \quad (4.30)$$

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{92,65 - 77,65}{92,65} \cdot 100\% = 16,2\% .$$

Расчёт условно-годовой экономии производим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ПОЛН. Б.}} - C_{\text{ПОЛН. ПР.}}) \cdot \text{П}_{\text{Г}} \quad (4.31)$$

$$\text{Э}_{\text{УГ}} = (172,4 - 146,4) \cdot 4500 = 130000 \text{ руб.}$$

Расчёт годового экономического эффекта в сфере производства производим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{Г}} = [(C_{\text{ПОЛН. Б.}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД. Б.}}) - (C_{\text{ПОЛН. ПР.}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД. ПР.}})] \cdot \text{П}_{\text{Г}} \quad (4.32)$$

$$\text{Э}_{\text{Г}} = [(172,4 + 0,33 \cdot 13,81) - (146,4 + 0,33 \cdot 18,74)] \cdot 4500 = 121900 \text{ руб.}$$

Расчёт срока окупаемости дополнительных капитальных вложений производим по формуле:

$$T_{\text{ОК}} = \frac{\Delta K}{\text{Э}_{\text{УГ}}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.ПР.}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}}}{\text{Э}_{\text{УГ}}} \quad (4.32)$$

$$T_{\text{ОК}} = \frac{24630}{130000} = 0,1 \text{ года.}$$

Вывод по экономическому разделу

В ходе решения задач выпускной квалификационной работы была разработана технология ремонтной сварки, было выбрано оборудование, разработаны мероприятия по созданию безопасных условий труда рабочих.

За счёт снижения трудоёмкости на 15,38 % при внедрении проектной технологии аргодуговой наплавки трёхфазной дугой с контролируемым тепловложением себестоимость наплавки снижается на 16,2 %. Условно-годовая экономия предполагается в размере 130000 рублей. Для внедрения этой технологии требуются дополнительные капитальные вложения в размере 24630 рублей, которые окупятся за 0,1 года. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 121900 рублей. Следовательно, разработанная технология экономически эффективна и может быть применена в ремонтных работах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

В работе была поставлена цель - повышение качества и снижение себестоимости ремонтной сварки деталей автомобиля из алюминиевых сплавов на примере головки цилиндра автомобиля КАМАЗ.

В результате анализа состояния вопроса были сформулированы следующие задачи:

- 1) Разработка технологии восстановления детали трехфазной дугой;
- 2) Выбор оборудования и расчет режимов для реализации предлагаемой технологии.
- 3) обеспечение безопасности и экологичности проекта.
- 4) расчёт экономической эффективности по предлагаемой технологии.

Предложенная технология ремонтной сварки с применением трёхфазной дуги позволяет снизить трудоёмкость на 15,38%, снизить технологическую себестоимость на 16,2 %.

На основании вышеизложенного поставленная цель может считаться достигнутой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуревич, С. М. Справочник по сварке цветных металлов / С. М. Гуревич. – Киев : Изд-во «Наукова думка», 1981. – 608с.
2. Рабкин, Д. М. Сварка алюминия и его сплавов / Д. М. Рабкин, В. Г. Игнатъев, И. В. Довбищенко. – Киев: Изд-во "Наукова думка", 1983. – 80 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Изд-во "Машиностроение", 1974. – 768 с.
4. Ситявин, Ю. И. Структура и свойства сварных швов алюминиевых сплавов в зависимости от некоторых факторов технологии сварки / Ю. И. Ситявин, Ю. С. Терминасов, Г. Л. Зубриенко // Сварочное производство. – 1979. – №8. – С. 28-29.
5. Юсуфова, З. А. О механизме разрушения окисных плён в стыке при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов / З. А. Юсуфова // Сварочное производство. – 1979. – № 10. – С. 25-26.
6. Ищенко, А. Я. Аргоно-дуговая сварка алюминиевых сплавов АМг5 и 01381 на постоянном, переменном и асимметричном токе / А. Я. Ищенко, В. А. Мищенко, А. Г. Чаюн // Автоматическая сварка. – 1978. – № 11. – С. 46-48.
7. Современные способы дуговой сварки алюминиевых сплавов (Обзор) // Автоматическая сварка. 1994. – № 5–6. – С. 35–37.
8. Бродский, А. Я. Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом / А. Я. Бродский. – М. : Изд-во "Машгиз", 1956. – 395с.
9. Лапин, И. Е. Неплавящиеся электроды для дуговой сварки / И. Е. Лапин, В. А. Косович. – Волгоград: ВолгГТУ, 2001. – 190 с.
10. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.]; под ред. Ю.В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 400 с.

11. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.

12. Сайт производителя сварочных электродов. Режим доступа: <http://www.spetsselectrode.ru>

13. 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.

14. 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.

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

16. 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.

17. Присадочная проволока для сварки алюминиевых сплавов : пат 2378095 Рос. Федерация : МПК В23К35/28 / Л. Котиньи, С. Ж. Клодин, Ф. Жарри [и др.]. – Оpubл.10.01.2010, Бюл. № 1

18. 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.

19. Чернышов, Г. Г. Сварочное дело. Сварка и резка металлов: учебник для нач. проф. образования / Г. Г. Чернышов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 496 с.

20. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.

21. Ельцов В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов.: учебное пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.
22. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
23. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
24. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
25. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
26. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
27. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
28. 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.