

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Ремонтная сварка и наплавка алюминиевой головки блока цилиндров ДВС грузового автомобиля

Обучающийся

И.Д. Новожилов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов.

В качестве типовой детали, применительно к которой может быть использована ремонтная сварка и наплавка, рассмотрена головка блока цилиндров. При анализе состояния вопроса представлена информация о возникающих в процессе длительной эксплуатации дефектах.

При анализе свойств материала детали рассмотрены основные трудности, сопровождающие ремонтную сварку и наплавку детали.

При анализе базовой технологии ремонтной сварки сформулированы недостатки, устранение которых будет проведено в настоящей выпускной квалификационной работе.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку и наплавку трёхфазной дугой. При осуществлении проектной технологии восстановительной сварки и наплавки предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом.

Составлен проектный технологический процесс ремонтной сварки.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Производительность труда повышается на 30 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 26 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей.

Abstract

The title of the graduation work is «Repair welding and surfacing of the aluminum cylinder head of the internal combustion engine of a truck».

The aim of the work is improving the efficiency of repair welding and surfacing of machine parts made of aluminum alloys.

The following tasks have been solved:

- to substantiate the choice of a method for repair welding and surfacing of machine parts made of aluminum alloys. Possible welding methods, their advantages and disadvantages should be considered;
- to increase the efficiency of the selected welding method based on technical solutions proposed by domestic and foreign welding engineers;
- to develop a design technology for repair welding and surfacing. It is necessary to draw up a sequence of technological operations, assign processing mode parameters, select technological equipment.

A design process for repair welding has been drawn up. The identification of these negative factors made it possible to propose standard methods and technical means for the protection of personnel and the environment.

Labor productivity increases by 30%. The reduction in technological cost amounted to 26%. At the same time, by increasing labor productivity and reducing costs, it was possible to obtain an annual economic effect in the amount of 0.7 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние вопроса ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов.	9
1.1 Описание детали и дефектов	9
1.2 Сведения о материале детали.	11
1.3 Операции базового технологического процесса ремонтной сварки и наплавки.	14
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	18
2 Построение проектной технологии ремонтной сварки деталей машин из алюминиевых сплавов.	20
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	20
2.2 Операции подготовки поверхности и разделки трещины.	27
2.3 Сварочные операции.	29
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений	34
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта	34
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков	35
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков	37
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта	39
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности	41
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений	42
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной	

технологиям	42
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования	44
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии	45
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам	47
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	51
4.6 Показатели экономической эффективности	53
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников	57

Введение

Широкое применение при изготовлении деталей машин получили алюминиевые сплавы. Этот конструкционный материал занимает второе после стали место, и область его применения продолжает расширяться [4], [30], [34], [35].

В первую очередь перспективность применения алюминиевых сплавов в изготовлении деталей машин объясняется малой плотностью при высоких показателях прочности, которые приближаются к сталям. Это позволяет существенно снизить массу автомобиля, повысить его динамические характеристики и снизить расход топлива. Таким образом, решается, на первый взгляд, противоречивая задача повышения эксплуатационных свойств техники и соответствия мировой экологической повестке.

Второй причиной перспективности применения алюминиевых сплавов для изготовления деталей машин является его хорошая обрабатываемость, которая позволяет выпускать детали с более развитой геометрией и уникальными характеристиками, которых нельзя было получить при изготовлении аналогичных деталей из сталей или чугунов.

Третьей причиной является ряд уникальных свойств алюминиевых сплавов – высокая теплопроводность и коррозионная стойкость, что позволяет при изготовлении деталей машин, работающих в условиях тепловых нагрузок, например, деталях двигателя, улучшить отвод тепла, и тем самым, также повысить эксплуатационные характеристики агрегата. А повышение коррозионной стойкости позволяет продлить срок службы деталей машин и проводить эксплуатацию на формированных режимах.

Четвёртой причиной продолжающегося распространения алюминиевых сплавов в качестве основного конструкционного материала, является возможность вторичного его использования. Таким образом, один раз потратив средства на выплавку алюминия и получения из него сплава, можно после утилизации проводить его вторичную и третичную эксплуатацию. Это

не только позволяет соответствовать мировой экологической повестке, но и существенно повысить экономическую эффективность производства страны.

При ремонте деталей и заготовок из алюминиевых сплавов самое широкое применение нашла дуговая сварка, выполнение которой применительно к алюминиевым сплавам встречает значительные трудности, которые не решены до настоящего времени [7], [13], [25], [26], [32]. Эти трудности проистекают из особенностей свойств алюминиевых сплавов по сравнению с другими конструкционными материалами.

Во-первых, алюминиевые сплавы имеют высокую теплопроводность, которая приводит к получению значительного уровня остаточных напряжений и деформация, что сопровождается короблением детали и появлением в ней трещин. Во-вторых, повышенный по сравнению со сталями коэффициент термического напряжения также вызывает коробление детали и появление в ней трещин. В-третьих, поверхность алюминиевых деталей покрыта окисной плёнкой, которая имеет высокую температуру плавления, превышающую температуру плавления основного металла, в результате этого при сварке шов загрязняется окисными пленами. Загрязнению металла шва окисными плёнами также способствует то, что оксид алюминия имеет более высокую плотность, чем расплавленный алюминий, поэтому не остаётся на поверхности сварочной ванны, а тонет в ней. В-четвёртых, расплавленный алюминий активно растворяет в себе газы, которые интенсивно выходят из него при кристаллизации, что приводит к образованию пористости, которая становится серьёзной проблемой при сварке алюминиевых сплавов. В-пятых, все алюминиевые сплавы имеют провал прочности при нагреве, в результате чего форма сварного шва теряет стабильность, а также повышается вероятность получения горячих трещин.

Приведенные выше трудности приводят к тому, что прочность металла сварного шва составляет порядка 60...70 % прочности основного металла [3], [22], [26]. Особенно это актуально по отношению к ремонтной сварке деталей машин.

Описанные выше особенности алюминиевых сплавов заставляют применять при их ремонтной сварке концентрированные источники энергии, обеспечивающие разрушение окисной плёнки на поверхности деталей. При этом наиболее широко распространена сварка неплавящимся электродом в среде аргона, которую ведут на переменном токе.

Следует отметить высокую оперативность и универсальность аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, которая обладает простотой организации сварочного поста и широко распространения при ремонте деталей машин. Применение этого способа позволяет получать сварные соединения высокого качества и обладающие необходимыми эксплуатационными свойствами. Однако следует отметить недостатки аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В качестве первого недостатка следует отметить низкую производительность процесса по сравнению с другими, получившими распространение способами сварки. Вторым недостатком является существенная зависимость полученных при сварке результатов от квалификации самого сварщика.

Исследования в области повышения эффективности сварки алюминиевых сплавов проводятся в ведущих научных организациях мира и Российской Федерации. В первую очередь необходимо отметить работы сотрудников института электросварки им. Е. О. Патона (А. Г. Покляцкий, И. В. Довбищенко, А. Я. Ищенко, Д. М. Рабкин, М. Р. Яворская, А. Я. Ищенко, Н. В. Воропай и другие). Значительные результаты получены сотрудниками Волгоградского государственного технического университета (А. В. Савинов, И. Е. Лапин, В. А. Косович). Также следует отметить сотрудников Тольяттинского государственного университета (В. И. Столбов, В. В. Ельцов, Г. М. Короткова и В. П. Сидоров).

На основании вышеизложенного следует признать актуальность настоящей выпускной квалификационной работы, в которой поставлена цель – повышение эффективности ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов.

1 Современное состояние вопроса ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов

1.1 Описание детали и дефектов

Типовой деталью машин, применительно к которой требуется проведение восстановительной сварки и наплавки, является головка блока цилиндров автомобиля КАМАЗ, которая представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид головки цилиндра КАМАЗ

Эта деталь отливается из алюминиевого сплава АК9ч или АК12М.

При эксплуатации в рассматриваемой детали возможно получение дефектов, которые представлены на рисунке 2. Первым типовым и одним из самых распространённых дефектов является прогар привалочной плоскости, который представлен на рисунке 2-а. Вторым дефектом является трещина вблизи клапанных гнёзд, которая представлена на рисунке 2-б и рисунке 2-в. Третьим дефектом является трещина, которая образовалась вблизи шпилек, представленная на рисунке 2-г. Ещё одной трещиной, которая часто образуется при длительной эксплуатации головки блока цилиндров, является трещина между гнёздами, которая представлена на рисунке 2-д, и трещина около седла, которая представлена на рисунке 2-е.

Обнаружение дефектов происходит при внешнем осмотре детали с процессе планового ремонта. Исправление дефектов проводится при помощи ремонтной сварки и наплавки.



Рисунок 2 – Типовые дефекты головки блока цилиндров: прогар привалочной плоскости (а), трещина вблизи клапанных гнёзд (б, в), трещина вблизи шпилек (г), трещина между гнёздами (д), трещина около седла (е)

Следует отметить высокую востребованность ремонтных технологий при восстановлении описанных деталей, так как в настоящее время наблюдается переход на использование отечественного грузового транспорта, поддержание в рабочем состоянии которого требует значительных трудовых и материальных ресурсов.

1.2 Сведения о материале детали

Головка блока цилиндров отливается из алюминиевого сплава АК9ч или АК12М. В таблице 1 приведён химический состав этих сплавов.

В рассматриваемых сплавах основным легирующим элементом является кремний. Этот элемент повышает текучесть расплавленного металла, что позволяет выполнять отливки сложной формы. Также за счёт повышения содержания в сплаве кремния уменьшается литейная усадка. При ремонтной сварке в процессе исправления дефектов литья кремний также играет положительную роль, так как он улучшает свариваемость сплава. Отрицательная роль кремния проявляется в снижении коррозионной стойкости изделий.

За счёт содержания в сплаве меди повышается пластичность, но коррозионная стойкость изделия снижается. За счёт добавок магния повышается прочность сплава. Добавки цинка в алюминиевый сплав позволяют повысить его прочность. Однако следует принимать во внимание, что цинк отрицательно сказывается на коррозионной стойкости сплава по отношению к щелочам. За счёт добавки железа в алюминиевый сплав повышается его прочность.

За счёт высокой химической активности на поверхности алюминиевых сплавов образуется прочная плёнка из оксида алюминия. Эта плёнка предотвращает взаимодействие основного металла (чистого алюминия) с окислителями, в качестве которых обычно выступает кислород воздуха, вода, кислоты.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в алюминиевых сплавах, используемых для изготовления головки блока цилиндров

Сплав	Si	Mn	Ni	Fe	Ti	Cu	Mg	Zn	Pb	Sn
АК12М	11-13	<0,5	<0,3	-	<0,2	1,8-2,5	<0,8	<0,8	<0,15	<0,1
АК9ч	8-10,5	0,2-0,5	<0,1	<1	-	<0,3	0,17-0,3	<0,3	<0,05	<0,01

При сварке алюминиевых сплавов следует выделить пять трудностей, которые ограничивают применение этих материалов в промышленности и затрудняют сварку.

В качестве первой трудности следует отметить указываемую ранее пленку на поверхности деталей, которая состоит из оксида алюминия. Температура плавления этой пленки составляет 2050 °С, в то время, как температура плавления алюминия составляет 660 °С. Таким образом, наблюдается значительная разница в температурах плавления оксидной пленки и основного металла, в результате чего при формировании сварочной ванны не происходит расплавления пленки в металле, пленка присутствует в ванне в виде нерасплавившихся частиц. Кроме того, плотность пленки выше, чем плотность расплавленного металла, в результате чего пленка тонет в сварочной ванне и загрязняет её [36].

В качестве второй трудности следует указать потерю прочности алюминиевых сплавов при высоких температурах. По этой причине наблюдается провисание и провал сварочной ванны и вытекание в зазор расплавленного металла.

В качестве третьей трудности следует указать значительный по сравнению со сталями коэффициент термического расширения, что становится причиной образования повышенного уровня остаточных напряжений и деформаций. При ремонте деталей и заготовок из алюминиевых сплавов это может стать причиной коробления и появления трещин. Кроме того, при сварке алюминиевых сплавов приходится бороться с образованием кратеров.

В качестве четвертой трудности следует указать высокую растворимость газов в расплавленном алюминии. По этой причине возникает значительное количество пор, так как при кристаллизации происходит обратное выделение газов. В результате этого прочность и пластические свойства металла сварного шва могут существенно снизиться [33].

В качестве пятой трудности следует отметить высокую опасность получения горячих трещин. Образование горячих трещин происходит по причине того, что структура металла шва является столбчатой с выделением легкоплавкой эвтектики по границам зёрен. Применительно к ремонтной сварке рассматриваемой детали опасность возникновения горячих трещин при сварке усиливается, так как в ней может присутствовать высокий уровень остаточных напряжений третьего рода (уравновешивающийся в пределах всей детали), что вызывает дополнительные растягивающие напряжения, раскрывающие трещину.

Перечисленные трудности, которые сопровождают сварку всех алюминиевых сплавов, должны быть решены и частично решаются существующими техническими и технологическими мерами. Переход на сварку с высокой концентрацией энергии, например, плазменную или лазерную, существенно снижает остроту проблемы сварки алюминиевых сплавов. На основании вышеизложенного и знаний, полученных при обучении на кафедре сварки, следует перечислить способы, применение которых возможно при ремонтной сварке деталей машин из алюминиевых сплавов:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами,
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения,
- аргонодуговая сварка неплавящимся электродом,
- сварка трехфазной дугой,
- плазменная сварка.

Перечисленные способы сварки могут быть использованы при составлении проектной технологии ремонтной сварки деталей машин из алюминиевых сплавов и должны быть рассмотрены. На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа следует выставить экспертную оценку, сравнение поставленных оценок позволит предложить наиболее эффективный способ сварки для построения проектной технологии.

1.3 Операции базового технологического процесса ремонтной сварки и наплавки

Ремонтная сварка и наплавка выполняются на участке, который представлен на рисунке 3. Сварочный пост оснащён местной вытяжкой, источником питания и рабочим столом.

Предварительно проводят дефектовку промытых деталей, для этого после демонтажа детали проводят её обмер и внешний осмотр. Внешний осмотр проводят невооружённым глазом, а также с применением специальных инструментов и приспособлений. По результатам дефектовки выполняют маркировку деталей. Годные детали, которые могут быть незамедлительно установлены на агрегаты, помечают зелёным маркером. Детали, которые имеют исправимые дефекты, помечают жёлтым маркером. Детали, исправление дефектов на которых невозможно или нецелесообразно, помечают красным маркером.

Перед выполнением ремонта детали в месте исправления дефекта обрабатывают раствором щелочи NaOH, который нагрет до температуры 60...70 °С. В результате такой обработки в течение 2...3 минут происходит стравливание с поверхности деталей окисной плёнки.



Рисунок 3 – Пост для ремонтной сварки и наплавки деталей

Далее остатки щёлочи и продукты реакции смывают водой и просушивают поверхность детали сжатым воздухом.

Непосредственно перед проведением ремонтной сварки место сварки зачищают при помощи металлической щётки. Щетина щетки должна быть из нержавеющей проволоки и иметь толщину ворса не более 0,15 мм. Применение наждачного круга нежелательно по причине оставления на поверхности деталей царапин, в которые забивается грязь, что становится причиной образования пор.

После зачистки следует протереть место зачистки сухой ветошью. После такой обработки ремонтные работы должны быть проведены не позднее 6 часов. В противном случае следует повторить очистку поверхности.

В случае ремонтной заварки трещины без предварительной подготовки высока вероятность дальнейшего развития трещины в ходе сварки. Первоначально следует осмотреть трещины, выявляя расположение её концов. Если визуально концы трещины определить сложно, можно применить нагрев при помощи газовой горелки до температуры 100...150 °С. Концы трещины следует засверлить с использованием сверла диаметром 5 мм, при этом положение центра сверла должно быть на 3...5 мм дальше конца трещины. Разделку трещины проводят с применением молотка и зубила. Разделка должна проводиться на глубину, превышающую глубину залегания трещины не менее чем на 3 мм.

Для сварки и наплавки применяется источник переменного тока, в качестве которого взят УДГУ-351, представленный на рисунке 4. В качестве защитного газа применяется чистый аргон, который поставляется в серых баллонах. На рисунке 5 представлен баллон с аргоном и блок подготовки газа. В качестве присадочной проволоки применяется проволока СВАК5, состав которой представлен в таблице 2. Параметры режима приведены в таблице 3.



Рисунок 4 – Источник питания сварочной дуги переменного тока УДГУ-351



Рисунок 5 – Баллон с аргоном и блок подготовки газа

Таблица 2 – Химический состав проволоки СВАК5 [3]

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

Таблица 3 – Параметры режима ремонтной сварки

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

После выполнения ремонтной сварки выполняют очистку поверхности детали от брызг. Далее проводят визуальный контроль качества ремонтной сварки. Осматривают поверхность сварного шва и поверхность детали на расстоянии 20 мм от сварного шва. Косвенным признаком качественно выполненной сварки является постоянство размеров сварного шва и одинаковая чешуйчатость на всём его протяжении, цвет побежалости также должен быть равномерен по длине сварного шва [24], [36].

Осмотр проводят невооружённым глазом и применением лупы с 4-кратным увеличением. При помощи универсального шаблона сварщика контролируют размеры сварного шва. В случае затруднённого доступа к поверхности сварного шва может быть применён эндоскоп.

Внутренние дефекты выявляют при проведении ультразвукового контроля, для которого применяется дефектоскоп УД2-102, представленный на рисунке 6.



Рисунок 6 – Дефектоскоп УД2-102

Далее с использованием расточного станка удаляют излишки наплавленного металла на посадочных местах поверхности сёдел. Механическую обработку следует вести с небольшим припуском по наружному диаметру. По результатам измерения диаметра отверстий выполняют подбор заготовок сёдел, которые должны устанавливаться внатяг.

Так как возникновение трещины произошло по причине перегрева головки блока цилиндра, то, скорее всего произошло искривление плоскости разъёма «головка-блок цилиндра». Проводимые сварочные работы также могли стать причиной искривления. Для того, чтобы исправить такое искривление, выполняют фрезерование плоскости головки блока цилиндров. Далее, если высота головки блока цилиндров уменьшилась на значительную величину, следует выполнить подточку фаски сёдел и клапанов или подрезать торцы стержней клапанов. В противном случае при работе двигателя возможно столкновение клапанов с поршнем, что приведёт к необходимости дорогостоящего ремонта.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов.

В качестве типовой детали, применительно к которой может быть использована ремонтная сварка и наплавка, рассмотрена головка блока цилиндров. При анализе состояния вопроса представлена информация о возникающих в процессе длительной эксплуатации дефектах.

При анализе свойств материала детали рассмотрены основные трудности, сопровождающие ремонтную сварку и наплавку детали.

При анализе базовой технологии ремонтной сварки сформулированы недостатки, устранение которых будет проведено в настоящей выпускной квалификационной работе.

На основании вышеизложенного следует сформулировать задачи выпускной квалификационной работы.

Первой задачей является обоснование выбора способа ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов. Следует рассмотреть возможные способы сварки, их преимущества и недостатки.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа сварки на основании технических решений, предложенных отечественными и зарубежными инженерами-сварщиками.

Третьей задачей является построение проектной технологии ремонтной сварки и наплавки. Необходимо составить последовательность выполнения технологических операций, назначить параметры режима обработки, выбрать технологическое оборудование.

Четвёртой задачей, которая будет решаться в оценочном блоке является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [1], [2].

Четвёртой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [16], [17].

2 Построение проектной технологии ремонтной сварки деталей машин из алюминиевых сплавов

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Возможно выполнение ремонтной сварки деталей из алюминиевого сплава покрытыми электродами. При этом для сварки применяются электроды с большим диаметром, который составляет 4 мм и больше. Это объясняется тем, что из-за высокой скорости плавления применение электродов малого диаметра крайне затруднено. Сварку необходимо выполнять в нижнем положении, так для других положений детали сложно обеспечить удержание сварочной ванны и её газовую защиту [23].

При сварке алюминиевых сплавов с применением покрытых электродов используют постоянный ток обратной полярности, при этом в качестве источников питания применяют выпрямители или генераторы, которые имеют падающую вольтамперную характеристику. Сварку следует выполнять короткой дугой при наклоне электрода порядка 60...80 градусов. Такой наклон электрода помогает улучшить визуальный контроль сварщиком за формированием сварочной ванны. Как правило, выполнять колебания электрода не следует.

Рекомендуется выполнить предварительный нагрев детали перед сваркой, температура предварительного нагрева составляет 150...200 °С. После выполнения сварки необходимо удалить шлак с поверхности детали и брызги электродного металла, усиление шва также снимают. Для этого применяются фрезы, зубило и скребки.

При сварке алюминиевых сплавов может быть применена механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения. При ремонте отливок этот способ сварки может оказаться очень эффективным, так как он проявляет свои преимущества именно при сварке больших толщин [22], [26].

При механизированной сварке алюминиевых сплавов приходится считаться с опасностью заломов сварочной проволоки, которая значительно более мягкая по сравнению со стальной проволокой. Поэтому механизм подачи проволоки должен обеспечивать стабильное поступление проволоки за счёт усложнения своей конструкции. В большинстве случаев такой механизм снабжён двумя парами роликов, которые выполняют прижатие и подачу проволоки. За счёт этого вероятность сминания и залома проволоки существенно снижается. Также необходимо обеспечивать чистоту сопла горелки, через которое поступает сварочная проволока. Само сопло горелки должно обеспечивать надёжную газовую защиту, для чего диаметр составляет 18...22 мм [22].

Срок службы токоведущих медных наконечников горелок для механизированной сварки алюминиевых сплавов составляет порядка 30...40 часов, а медно-графитовых – 8...10 часов. Следует принимать во внимание что медно-графитовые наконечники, несмотря на малый срок службы, обеспечивают максимально надёжный токосъём и скольжение сварочной проволоки.

Видимая часть дуги при механизированной сварке алюминиевых сплавов составляет порядка 2...6 мм при расположении мундштука горелки на расстоянии 5...15 мм между торцом сопла и деталью. При сварке принимают технику ведения «углом вперёд», при этом угол наклона горелки составляет 75...80 градусов. При механизированной сварке используется постоянный ток обратной полярности. Источник питания для механизированной сварки алюминиевых сплавов должен иметь жесткую вольтамперную характеристику или пологопадающую вольтамперную характеристику.

Диаметр сварочной проволоки при ремонтной сварке алюминиевых деталей составляет обычно более 2,5 мм. В противном случае возникают трудности с образованием в процессе сварки пор.

Мировые производители сварочного оборудования (Cloos, Lincoln Electric, EWM, OTC, Fronius, Lorch, Kemppu) ведут интенсивные разработки в области повышения эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов за счёт применения импульсного управления сварочной дугой [5]. При этом удалось существенно снизить потери на разбрызгивание, которые довели до 1 %, при этом попадающие на поверхность детали капли имеют форму мелких шариков и не прилипают. За счёт управления горением дуги появилась возможность дозированного введения энергии в дуговой промежуток, контролировать протяженность фаз горения дуги, интенсифицировать перемешивание металла в сварочной ванне. Появилась возможность получения устойчивого дугового разряда при первом касании электродом детали. Сварочная дуга горит стабильно и предсказуемо [6], [18].

При сварке неплавящимся электродом горение дуги происходит между деталью и вольфрамовым электродом. Введение в сварочную ванну присадочного металла выполняют в виде присадочной проволоки. Для того, чтобы избежать загрязнения сварного шва частицами вольфрама, для зажигания дуги используют графитовую пластину, после того, как конец вольфрамового электрода прогревается, дугу переносят на основной металл.

При сварке неплавящимся электродом его располагают под углом 60...80 градусов к изделию. Присадочную проволоку подают под углом 80...90 градусов к электроду. Поддерживают расстояние между соплом горелки и деталью порядка 5...10 мм. Выступающая часть вольфрамового электрода из сопла горелки должна иметь длину 2...5 мм. При сварке электрод следует перемещать равномерно и поступательно, а вводимый пруток присадочного металла не должен выходить за пределы газовой защиты. Сварку выполняют «левым» способом.

Повышение скорости сварки и стабильности качества возможно при применении в качестве защитного газа вместо аргона смеси «аргон+гелий».

Это несколько повышает стоимость защитного газа, но позволяет увеличить на 50...100 % производительность сварки.

Применение плазменной сварки позволяет значительно повысить качество при выполнении сварки алюминиевых сплавов за счёт уменьшения зоны термического влияния, коробления детали и устранения дефектности сварного шва [31], [37].

Горение сжатой дуги при плазменной сварке отличается высокой устойчивостью по отношению к различным возмущениям, в частности, при колебаниях длины дуги. Это особенно важно при проведении ремонтной сварки, так как в этом случае деталь может иметь сложный профиль.

Плазменную сварку деталей из алюминиевых сплавов в большинстве случаев ведут на постоянном токе обратной полярности.

Для того, чтобы повысить стойкость вольфрамового электрода, его помещают в охлаждаемую медную обойму.

При выполнении плазменной сварки алюминиевых сплавов плазматрон следует располагать под углом 80...90 градусов к изделию, сварку следует вести «углом вперед». Присадочную проволоку следует подавать под углом 90...100 градусов к оси плазматрона.

Если в процессе сварки получается «морщинистая» поверхность, следует уменьшить длину дуги и увеличить скорость сварки. Если при сварке наблюдается загрязнение поверхности шва, необходимо выполнить очистку плазматрона.

Применение трёхфазной дуги позволяет выполнять ремонтную сварку на переменном токе с высокой стабильностью качества [8], [10], [15]. При трёхфазной сварке горелка снабжается двумя неплавящимися электродами, к которым подводится переменный ток. Одна фаза подключается к изделию, а две фазы подключаются к сварочным электродам. В процессе сварки происходит горение нескольких дуг. Первая дуга – независимая, горит между электродами, вторая дуга и третья дуга горят попеременно между электродами и изделием. В результате наблюдается повышение стабильности

горения дуги и производительности ремонтной сварки. Также существенно повышается стабильность качества за счёт улучшения механизма катодной очистки и увеличения проплавливающей способности дуги.

Для того, чтобы выбрать способы сварки, которые следует применить при исправлении дефектов на алюминиевых отливках, выполним экспертную оценку каждого способа сварки.

Оценку способов сварки проведем с использованием ряда критериев [20]. В качестве критериев выберем как технологические, так и экономические.

Первым критерием является производительность работ. В зависимости от скорости выполнения основных и вспомогательных операций рассматриваемые способы сварки получили следующее количество баллов:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами, получила 1 балл согласно экспертной оценке;
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, получила 5 баллов согласно экспертной оценке;
- аргодуговая сварка неплавящимся электродом, получила 2 балла согласно экспертной оценке;
- сварка трехфазной дугой, получила 4 балла согласно экспертной оценке;
- плазменная сварка, получила 3 балла согласно экспертной оценке.

Вторым критерием является качество выполнения сварных швов, от которого главным образом зависит работоспособность восстановленной детали и возможность введения её в дальнейший технологический цикл. В зависимости от качества сварки рассматриваемые способы получили следующие баллы:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами, получила 1 балл согласно экспертной оценке;
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, получила 2 балла согласно экспертной оценке;

- аргодуговая сварка неплавящимся электродом, получила 3 балла согласно экспертной оценке;
- сварка трехфазной дугой, получила 4 балла согласно экспертной оценке;
- плазменная сварка, получила 5 баллов согласно экспертной оценке.

Третьим критерием является стоимость сварочного оборудования, от которого зависит возможность и оперативность внедрения способа на конкретном предприятии. Рассматриваемые способы получили такие баллы:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами, получила 5 баллов согласно экспертной оценке;
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, получила 4 балла согласно экспертной оценке;
- аргодуговая сварка неплавящимся электродом, получила 3 балла согласно экспертной оценке;
- сварка трехфазной дугой, получила 2 балла согласно экспертной оценке;
- плазменная сварка, получила 1 балл согласно экспертной оценке.

Четвёртым критерием является мобильность способа, которая позволяет оперативно перемещать оборудование по производственному участку и выполнять сварку в различных местах. Согласно экспертной оценке рассматриваемые способы сварки получили такие баллы:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами, получила 5 баллов согласно экспертной оценке;
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, получила 4 баллов согласно экспертной оценке;
- аргодуговая сварка неплавящимся электродом, получила 3 балла согласно экспертной оценке;
- сварка трехфазной дугой, получила 2 балла согласно экспертной оценке;

- плазменная сварка, получила 1 балла согласно экспертной оценке.

Пятым критерием является условия труда сварщика, согласно экспертной оценке рассматриваемые способы получили такие баллы:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами, получила 1 баллов согласно экспертной оценке;
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, получила 2 баллов согласно экспертной оценке;
- аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, получила 5 балла согласно экспертной оценке;
- сварка трехфазной дугой, получила 3 балла согласно экспертной оценке;
- плазменная сварка, получила 4 балла согласно экспертной оценке.

Шестым критерием является интегральный показатель экономичности рассматриваемого способа сварки. Согласно экспертной оценке способы получили следующие баллы:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами, получила 1 балл согласно экспертной оценке;
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, получила 2 балла согласно экспертной оценке;
- аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, получила 2 балла согласно экспертной оценке;
- сварка трехфазной дугой, получила 5 балла согласно экспертной оценке;
- плазменная сварка, получила 4 баллов согласно экспертной оценке.

Таким образом, по результатам экспертной оценки рассматриваемых способов сварки получен суммарный балл:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами, получила 14 баллов согласно экспертной оценке;

- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, получила 19 баллов согласно экспертной оценке;
- аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, получила 17 баллов согласно экспертной оценке;
- сварка трехфазной дугой, получила 20 баллов согласно экспертной оценке;
- плазменная сварка, получила 18 баллов согласно экспертной оценке.

2.2 Операции подготовки поверхности и разделки трещины

Результат проведённой ремонтной сварки и наплавки в случае восстановления деталей машин из алюминиевых сплавов в значительной степени зависит от качества и правильности выполнения подготовительных операций. Перед тем, как приступать к ремонтной сварке и наплавке следует выполнить очистку поверхности деталей и сварочной проволоки. При подготовке проволоки следует удалить с её поверхности консервационное покрытие, окисную плёнку, жир, влагу и другие загрязнения [3], [26].

Покрывающие поверхность деталей из алюминиевых сплавов и поверхность проволоки окисная плёнка существенно снижает качество ремонтной сварки. Попадание в сварной шов частиц плёнки вызывает усиление порообразования и снижает прочность сварного шва. Практически сразу после удаления с поверхности окисная плёнка начинает снова образовываться, и восстановление её первоначальной толщины происходит всего за несколько дней. Однако, если удалить застарелую окисную плёнку с поверхности деталей, вновь образующаяся плёнка будет меньшей толщины, чем первоначальная и в течение нескольких часов не будет оказывать существенное отрицательное влияние на качество сварки и наплавки. Удаление такой окисной плёнки при сварке происходит в результате процесса катодного распыления.

Перед выполнением ремонта детали в месте исправления дефекта обрабатывают раствором щелочи NaOH, который нагрет до температуры 60...70 °С. В результате такой обработки в течение 2...3 минут происходит стравливание с поверхности деталей окисной плёнки. Далее остатки щёлочи и продукты реакции смывают водой и просушивают поверхность детали сжатым воздухом.

Применительно к сварочной проволоке механическую очистку не проводят, ограничиваясь химической чисткой. Перед выполнением ремонтной сварки от бухты проволоки отмеряют и отрезают необходимое количество проволоки, которую нарезают на прутки. Далее нарезанные прутки обрабатывают 10 % щелочным раствором NaOH при температуре раствора 60...70 °С. Обработку проводят в течение 5...10 минут, после чего промывают прутки в проточной воде и просушивают сжатым воздухом.

Непосредственно перед проведением ремонтной сварки место сварки зачищают при помощи металлической щётки. Щетина щетки должна быть из нержавеющей проволоки и иметь толщину ворса не более 0,15 мм. Применение наждачного круга нежелательно по причине оставления на поверхности деталей царапин, в которые забивается грязь, что становится причиной образования пор.

После зачистки следует протереть место зачистки сухой ветошью. После такой обработки ремонтные работы должны быть проведены не позднее 6 часов.

Первоначально следует осмотреть трещины, выявляя расположение её концов. Если визуально концы трещины определить сложно, можно применить нагрев при помощи газовой горелки до температуры 100...150 °С. Концы трещины следует засверлить с использованием сверла диаметром 5 мм, при этом положение центра сверла должно быть на 3...5 мм дальше конца трещины. Разделку трещины проводят с применением молотка и зубила. Разделка должна проводиться на глубину, превышающую глубину залегания трещины не менее чем на 3 мм.

2.3 Сварочные операции

На рисунке 7 представлена схема подключения источника питания при ремонтной сварке и наплавке трёхфазной дугой. Такая схема позволяет выполнять регулирование тепловложения за счёт того, что часть протекающего сварочного тока перераспределяется на сварочную проволоку. Таким образом, сварочный ток проходит через изделие и через присадочную проволоку. Это достигается за счёт того, что средняя фаза источника питания подключается сама сварочная проволока, а не изделие. При такой схеме подключения удастся прогреть проволоку перед выполнением процесса сварки и наплавки, что усиливает протекание процессов катодного распыления.

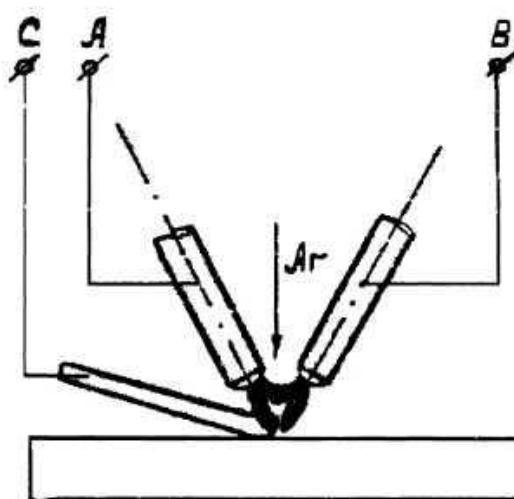


Рисунок 7 – Схема питания трёхфазной дуги с регулируемым тепловложением

Представленная схема подключения позволяет сваривать детали из алюминиевых сплавов в широком диапазоне толщин, при этом происходит автоматическое регулирование вложения тепла, что позволяет избежать образования прожогов. Также при таком способе сварки наблюдается пониженный уровень остаточных напряжений и деформаций в конструкции, количество наплавленного металла и производительность повышается по сравнению с традиционными способами сварки и наплавки.

При применении сварки и наплавки трёхфазной дуги следует учитывать некоторые особенности процесса. Например, возбуждение дуги следует выполнять не на детали вблизи дефекта, как при традиционном способе сварки, а вне детали. Для зажигания трехфазной дуги необходимо коснуться углём электродов горелки, в результате чего загорится и будет продолжать гореть дежурная дуга между электродами.

При поднесении горящего факела к дефектному месту дуга между электродами выполняет функцию предварительного подогрева поверхности детали. При этом расстояние между горелкой и деталью может изменяться в широком диапазоне без риска обрыва дуги, что позволяет выбирать оптимальный режим прогрева детали, избежать получения прожогов, подрезов и непроваров.

Также возможность изменения в широком диапазоне расстояния между горелкой и деталью позволяет выполнять сварку и наплавку по сложной траектории и в различных пространственных положениях, что особенно важно при выполнении ремонтных работ.

С использованием источника научно-технической информации [30], [28] назначим параметры режима ремонтной сварки: сила тока составляет 150...180 А, диаметр присадочной проволоки составляет 3 мм, диаметр неплавящихся электродов составляет 3 мм, скорость сварки поддерживают 8...12 метров в час, расход аргона составляет 7...8 литров в минуту.

В качестве присадочной проволоки предложим к использованию разработку авторов [21]. Состав проволоки представлен в таблице 4. Основными химическими элементами в проволоке являются алюминий, кремний, хром и цирконий. Примесями являются железо, цинк, медь и олово. Содержание основных элементов задаётся, в примесей – ограничивается.

Таблица 4 – Состав предлагаемой сварочной проволоки [21]

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

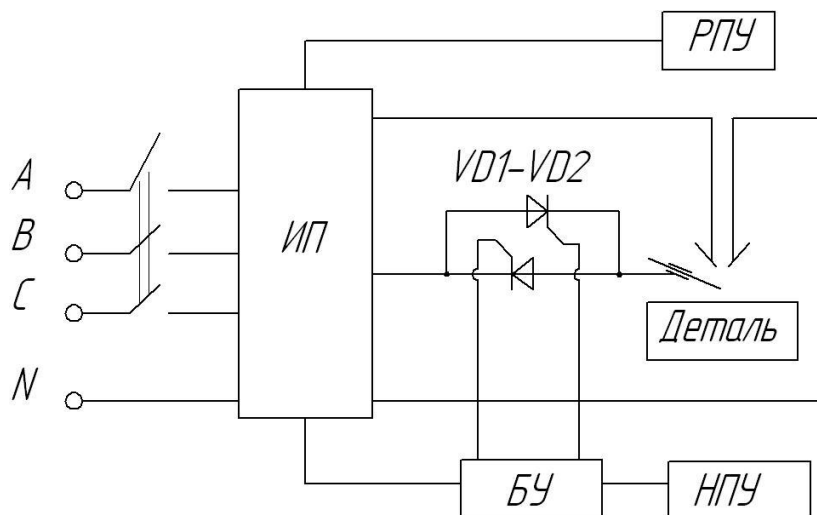
Предлагаемая проволока позволяет уменьшить размер кристаллитов при сварке и наплавке деталей из алюминиевых сплавов. Получение крупных зёрен нежелательно, так как в этом случае возможно образование холодных и горячих трещин, а также снижение эксплуатационных свойств наплавленного металла. За счёт введения в проволоку хрома и циркония удастся повысить коррозионную стойкость наплавленного металла, которая при сварке традиционной проволокой снижается из-за повышенного содержания в проволоке кремния. Введение в состав проволоки циркония позволяет также снизить размеры зёрен металла сварного шва.

Для питания сварочной дуги предлагается к использованию представленный на рисунке 8 источник УДГТ-315, который был разработан сотрудниками кафедры сварки Тольяттинского государственного университета [11], [9], [29]. Такой источник обладает круто падающей вольтамперной характеристикой, задаваемой трансформатором с увеличенным потоком рассеяния. Регулирование сварочного тока может осуществляться в широком диапазоне, составляющем 135...550 А, и осуществляется путём изменения расстояния между первичной и вторичной обмотками сварочного трансформатора. В цепь изделия включается дополнительная конденсаторная батарея, которая позволяет подавить постоянную составляющую сварочного тока.



Рисунок 8 - Источник питания трёхфазной дуги

Расширение технологических возможностей источника питания выполнено за счёт его дополнительного комплектования тиристорным регулятором тока. Установка силовых тиристоров VD1-VD2 показана на рисунке 9. На функциональной схеме видно, что силовые тиристоры включаются в цепь сварочной проволоки, что позволяет выполнять регулирование протекающего через неё тока. Регулирование величины тока, протекающего через проволоку, осуществляется с пульта управления.



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

Рисунок 9 – Функциональная схема сварочного поста

Для того, чтобы сделать более удобным управление и настройку источника питания (обозначен на схеме как ИП), в схему сварочного поста включен ручной пульт дистанционного управления (обозначен на схеме как РПУ) и ножной пульт дистанционного управления (обозначен на схеме как НПУ). Ручной пульт управления РПУ позволяет выполнять настройку источника питания, которая заключается в задании величины сварочного тока и его контроле при помощи цифровой индикации. Ножной пульт управления позволяет корректировать процесс в ходе выполнения ремонтной сварки и наплавки. При его помощи становится возможным дистанционное зажигание и гашение сварочной дуги, что может быть проведено при занятых руках сварщика.

Для заварки дефекта предлагается к использованию горелка РГТ-6, которая также была разработана коллективом кафедры сварки Тольяттинского государственного университета и позволяет выполнять ремонтную сварку и наплавку током до 350 А в любом пространственном положении. Горелка позволяет подсвечивать дефектный участок и выполнять его предварительный подогрев, обеспечивая при этом надёжную защиту металла от воздействия воздуха.

Таким образом, при выполнении второго раздела были решены задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [14], [19] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [1], [2].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [16], [17].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос повышения эффективности ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку и наплавку трёхфазной дугой. При осуществлении проектной технологии восстановительной сварки и наплавки предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом. Особенности выполнения операций проектного технологического процесса представлены в таблице 5. Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса ремонтной сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Укрупнённо проектный технологический процесс может быть условно разделён на три этапа. На первом этапе происходит подготовка дефектного места. Для этого применяется моечная машина, дробеструйная камера, сверлильный станок, воздушный компрессор. На втором этапе происходит заварка дефектного места. Для этого применяется сварочный источник питания, газовая аппаратура и горелка. На третьем этапе происходит контроль качества. Для этого применяется набор для визуально-измерительного контроля и дефектоскоп.

Таблица 5 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
1. «Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	1) машина моечная 2) дробеструйная камера 3) щетка металлическая 4) компрессор 5) сверлильный станок
2. Заварка дефектного места	Электросварщик	1) источник питания 2) сварочная горелка
3. Контроль качества» [13]	Дефектоскопист	1) лупа 2) дефектоскоп 3) штангенциркуль 4)твердомер 5) контрольный стол

Представленные в таблице 5 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

Эксплуатация оборудования при выполнении операций проектного технологического процесса приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 6 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. К опасным факторам следует отнести такие профессиональные риски, действие которых стать причиной резкого ухудшения состояния персонала или его гибели. К вредным факторам следует отнести такие профессиональные риски, действие которых может стать причиной возникновения профессиональных заболеваний.

Таблица 6 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;
2. Заварка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> – движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования, – повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, – повышенная температура поверхностей оборудования, материалов, – инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации, – ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений,
3. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; – ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков выделены семь негативные производственные факторы:

- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,

- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены.

Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

В таблице 7 представлены необходимые мероприятия по защите персонала. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, резиновые коврики.

Следует принимать во внимание, что при выполнении сварочных и наплавочных работ содержание вредных веществ в цехе превышает действующие санитарные нормы в 7...10 раз, что подтверждается рядом отечественных и зарубежных исследователей. Поэтому при организации рабочих мест сварщика следует особое внимание уделять общей и местной вентиляции. Также работа сварочных машин сопряжена с риском получения удара электрическим током, так как первичное напряжение на сварочных установках составляет 220 В или 380 В (для случая питания сварочной установки от трёх фаз).

Таблица 7 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

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

Представленные в таблице 7 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

Разработки специальных технических средств и организационных мероприятий для защиты персонала не требуется.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

Проведение работ по сварке и наплавке связано с нагревом до высокой температуры, наличием брызг расплавленного металла и светового излучения высокой интенсивности. В результате этого функционирование рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технического объекта связано с риском возникновения пожара. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 8. Анализ данных в таблице 8 позволяет установить, что возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е». Этот класс пожара предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

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

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка
Наименование оборудования	Аппарат плазменной резки, сварочное оборудование, станки для механической обработки
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Кроме основных факторов пожара следует указать на сопутствующие проявления пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами. В таблице 9 приведены технические средства по устранению основных и сопутствующих факторов пожара.

Таблица 9 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы от негативного воздействия, которое возникает при выполнении операций проектного технологического процесса. На основании анализа операций технологического процесса могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

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

Особое внимание следует уделить организации селективного сбора мусора, который в значительных количествах накапливается на производственных участках. Раздельный сбор отходов позволяет выполнять эффективный рециклинг, что не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать значительный экономический эффект за счёт экономии ресурсов.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку и наплавку трёхфазной дугой. При осуществлении проектной технологии восстановительной сварки и наплавки предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом.

Укрупнённо проектный технологический процесс может быть условно разделён на три этапа. На первом этапе происходит подготовка дефектного места. Для этого применяется моечная машина, дробеструйная камера, сверлильный станок, воздушный компрессор. На втором этапе происходит заварка дефектного места. Для этого применяется сварочный источник питания, газовая аппаратура и горелка. На третьем этапе происходит контроль качества. Для этого применяется набор для визуально-измерительного контроля и дефектоскоп.

Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности. В таблице 11 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	2	2
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	300	300
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	300 тыс.	800 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,85	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	40	40
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [16]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

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

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

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

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

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

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

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

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

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,21$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,874$ часа.

Размер годовой программы Π_r рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_r = F_{\text{в}} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{r.баз.} = 2054/1,21 = 1700$ ремонтных сварок для базового технологического процесса и $\Pi_{r.пр.} = 2054/0,847 = 2425$ ремонтных сварок для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 1000$ ремонтных сварок в год.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 1,21 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,57$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 0,847 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

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

$$K_z = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_z = 0,57/1 = 0,57$ для базового варианта технологического процесса и $K_z = 0,4/1 = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

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

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

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

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

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-З} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M = (80 \cdot 0,0252 + 130 \cdot 0,414 + 3000 \cdot 0,000495) \cdot 1,05 = 60$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса средства, которые затрачиваются на материалы: $M = (80 \cdot 0,0216 + 130 \cdot 0,342 + 3000 \cdot 0,000468) \cdot 1,05 = 50$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 300 \cdot 1,21 \cdot 1,88 = 682$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 300 \cdot 0,847 \cdot 1,88 = 478$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 260 \cdot 12 / 100 = 31682 \cdot 12 / 100 = 82$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 478 \cdot 12 / 100 = 57$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 682 + 82 = 764$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 478 + 57 = 535$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 764 \cdot 34 / 100 = 260$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 535 \cdot 34 / 100 = 182$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

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

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об} = 300000 \cdot 21,5 \cdot 1,21 / 2054 / 100 = 38$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 0,847 / 2054 / 100 = 71$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 10 \cdot 1,21 \cdot 4,7 / 0,85 = 67$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 10 \cdot 0,847 \cdot 4,7 / 0,85 = 47$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 38 + 67 = 105$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 71 + 47 = 118$ рублей по проектному технологическому процессу.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 60 + 764 + 260 + 105 + 40 = 1229$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 50 + 535 + 182 + 118 + 29 = 914$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 1229 + 1,5 \cdot 682 = 1229 + 1023 = 2252$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 914 + 1,5 \cdot 478 = 914 + 717 = 1631$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 2252 + 1,15 \cdot 682 = 2252 + 784 = 3036$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 1631 + 1,15 \cdot 478 = 1631 + 550 = 2181$ рублей.

В таблице 12 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 12 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	60	50
2. Фонд заработной платы	ФЗП	764	535
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	260	182
4. Затраты на оборудование	Зоб	105	118
5. Затраты на площади	Зпл	40	29
5. Технологическая себестоимость	Стех	1229	914
6. Цеховые расходы	Рцех	1023	717
7. Цеховая себестоимость	Сцех	2252	1631
8. Заводские расходы	Рзав	784	550
9. Заводская себестоимость» [16]	Сзав	3036	2181

Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 300000 - (300000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 106500$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 106500 \cdot 0,57 = 60705$ рублей.

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

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

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

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{з. пр.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,40 = 336000$ рублей.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 1 \cdot 300000 \cdot 0,05 = 15000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 800000 \cdot 0,05 = 40000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 15000 + 40000 = 65000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{общ. пр.} = 336000 + 65000 = 401000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 401000 - 60705 = 340295$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_{Γ} :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\Gamma} . \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 60705/1000 = 60,7$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 401000 / 1000 = 401$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (1,21 - 0,847) \cdot 100 \% / 1,21 = 30 \%$.

Повышение производительности Π_{Γ} рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\Gamma} = 100 \cdot 30 / (100 - 30) = 43 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (1229 - 914) \cdot 100\% / 1229 = 26 \%$.

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

$$\Pi_{\text{ож}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (3036 - 2181) \cdot 1000 = 855000$ рублей.

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

$$T_{ок} = K_{доп} / \Delta_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 34095 / 855000 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта Δ_r рассчитывается как

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta_r = 855000 - 0,33 \cdot 340295 = 742702$ рублей.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

Производительность труда повышается на 30 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 26 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности ремонтной сварки и наплавки деталей машин из алюминиевых сплавов.

В качестве типовой детали, применительно к которой может быть использована ремонтная сварка и наплавка, рассмотрена головка блока цилиндров. При анализе состояния вопроса представлена информация о возникающих в процессе длительной эксплуатации дефектах.

При анализе свойств материала детали рассмотрены основные трудности, сопровождающие ремонтную сварку и наплавку детали.

При анализе базовой технологии ремонтной сварки сформулированы недостатки, устранение которых будет проведено в настоящей выпускной квалификационной работе.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку и наплавку трёхфазной дугой. При осуществлении проектной технологии восстановительной сварки и наплавки предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом.

Укрупнённо проектный технологический процесс может быть условно разделён на три этапа. На первом этапе происходит подготовка дефектного места. Для этого применяется моечная машина, дробеструйная камера, сверлильный станок, воздушный компрессор. На втором этапе происходит заварка дефектного места. Для этого применяется сварочный источник питания, газовая аппаратура и горелка. На третьем этапе происходит контроль качества. Для этого применяется набор для визуально-измерительного контроля и дефектоскоп.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной

квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

Производительность труда повышается на 30 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 26 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

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

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

Следует указать, что в настоящей выпускной квалификационной работе доказана высокая эффективности замены ремонтной аргодуговой сварки неплавящимся электродом на сварку трехфазной дугой. Исходя из этого можно предположить, что предложенные в работе технические средства и организационные мероприятия могут быть распространены на предприятия, выполняющие ремонтную сварку деталей машин из алюминиевых сплавов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
2. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
3. Гуревич С. М. Справочник по сварке цветных металлов. – Киев : Изд-во «Наукова думка», 1981. 608 с.
4. Гуреева М. А., Грушко О. Е. Алюминиевые сплавы в сварных конструкциях современных транспортных средств // Конструкционные материалы. 2009. № 11 С. 27–41.
5. Ермолин С. А., Тарасов А. С. Технологические возможности инверторных источников питания для механизированной дуговой сварки // Записки горного института. 2014. Т. 209. С. 42–46.
6. Зайцев О. И. Прогнозирование параметров режима при импульсно-дуговой сварке алюминиевых сплавов : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06 / Олег Игоревич Зайцев ; Тульский государственный университет. Тула, 2003.
7. Ищенко А. Я., Мишенков В. А., Чаюн А. Г. Аргодуговая сварка алюминиевых сплавов АМг5 и 01381 на постоянном, переменном и асимметричном токе // Автоматическая сварка. 1978. № 11. С. 46-48.
8. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин : учебное пособие. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014.
9. Ельцов В. В., Карелин В. И., Кондрашова С. В. Комплект универсального оборудования для ремонтной сварки изделий из легких сплавов // Сварочное производство. 1984. № 9. С. 3536.
10. Ельцов В. В. Объект исследований – трехфазная сварочная дуга // Сборник трудов к 40-летию кафедры ОТСП и 75-летию В.И. Столбова ; под ред. В. В. Масакова, В.П. Сидорова. Тольятти : ТГУ, 2007, С. 105-116.
11. Ельцов В. В., Потехин В. П., Зеленков А.С. Формирование сварочной ванны при наплавке трехфазной дугой неплавящимися

электродами с подачей присадочной проволоки // Ремонт, восстановление, модернизация. 2006. № 12. С. 2–6.

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

13. Калеко, Д. М. Современные способы дуговой сварки алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 1994. № 5–6. С. 35–37.

14. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

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

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

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

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

19. Моторин К. В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. Тольятти : ТГУ, 2019. 7 с.

20. Павлова И. А., Павлов А. С. Технико-экономический анализ при внедрении инноваций на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.

21. Патент 2378095 РФ, МПК В23К35/28. Присадочная проволока для сварки алюминиевых сплавов / Л. Коттињи, С. Ж. Клодин, Ф. Жарри. Оpubл.10.01.2010, Бюл. № 1.

22. Рабкин Д. М., Игнатъев В. Г., Довбищенко И. В. Сварка алюминия и его сплавов. Киев : Изд-во "Наукова думка", 1983. 80 с.

23. Рабкин Д. М., Лозовская А. В., Склабинская И. Е. *Металловедение сварки алюминия и его сплавов*. Киев : Наукова думка, 1992. 160 с.
24. *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.
25. Ситявин Ю. И., Терминасов Ю. С., Зубриенко Г. Л. Структура и свойства сварных швов алюминиевых сплавов в зависимости от некоторых факторов технологии сварки // *Сварочное производство*. 1979. №8. С. 28-29.
26. Смирнов И.В. *Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие*. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.
27. 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.
28. Столбов В. И., Шаповалов В. А., Короткова Г. М. Об управлении сварочным током в источниках питания трехфазной дуги. // *Сварочное производство*. 1982. № 10. С. 24–25.
29. *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.
30. Фридляндер И. Н., Сандлер В. Г. , Грушко О. Е. Алюминиевые сплавы – перспективный материал в автомобилестроении // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2002. № 9. С. 3–9.
31. Щицин Ю. Д., Синани И. Л., Белинин Д. С., Неулыбин С.Д. Совершенствование технологий плазменной сварки проникающей дугой цветных металлов и сложнолегированных сплавов // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2013. № 4. С. 427–431.
32. Юсуfoва, З. А. О механизме разрушения окисных плён в стыке при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов // *Сварочное производство*. 1979. № 10. С. 25-26.

33. Liu H., Bouchard M., Zhang L. An experimental study of hydrogen solubility in liquid aluminium // *Journal of materials science*. 1995. Vol. 30. P. 4309–4315.

34. Na, J. Effect of aging on mechanical properties and localized corrosion behaviors of Al-Cu-Li alloy // *Trans. Nonferrous Metal. Soc. China*. 2005. № 1. P. 23–29.

35. Sudhir K., Abheneet S., Sandeep J. A brief review on pre- and post-weld treatment of various grades of aluminium alloys // *Materials today: PROCEEDING*. 2023. № 3. P. 45–52.

36. Tian C. Effect of melt cleanliness on the formation of porosity defects in automotive aluminum high pressure die castings // *Journal of Materials Processing Technology*. 2002. Vol. 122. № 1. P. 82–93.

37. Wu C.S., Wang L., Ren W.J., Zhang X.Y. Plasma arc welding: Process, sensing, control and modeling // *Journal of Manufacturing Processes*. 2014. № 16. P. 74–85.