

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Устранение дефектов корпуса коробки передач автомобиля
«КАЛИНА» с помощью сварки

Студент

А.И. Игнатенко
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

П.Н. Селянин
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Необходимость обеспечения запасными деталями различного технологического оборудования предполагает привлечение значительных материальных и трудовых затрат.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте корпуса коробки передач автомобиля КАЛИНА.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к ремонтной сварке рассматриваемой детали;

- составить проектную технологию ремонтной сварки;

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;

- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

На основании экспертной оценки альтернативных способов ремонтной сварки принято решение построение проектной технологии ремонтной сварки выполнять на базе механизированной сварки импульсной дугой.

Была составлена проектная технология ремонтной сварки, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,742 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,4 года.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной сварки корпуса коробки передач автомобиля КАЛИНА.	7
1.1 Сведения о детали и обнаруживаемых дефектах.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления корпуса коробки передач.	8
1.3 Базовая технология ремонтной заварки трещин в корпусе коробки передач.	12
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 Проектная технология ремонтной сварки корпуса коробки передач. ...	17
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки.	17
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах при ремонтной сварке деталей из алюминиевых сплавов.	22
2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки корпуса коробки передач.	27
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	31
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Идентификация профессиональных рисков	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	34
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	36
3.5 Обеспечение экологической безопасности	38
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.	40
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	40
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	42

4.3 Расчет штучного времени	43
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	45
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	49
4.6 Показатели экономической эффективности.	51
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников	56

Введение

Повышение стоимости запасных частей и снижение покупательной способности населения делают актуальным восстановление изношенных деталей машин как основного способа поддержания работоспособности автомобильного парка. Как правило, восстановленная запасная часть имеет стоимость в 1,5...2,5 раза меньше, чем стоимость новой детали, при этом ресурс восстановленной запасной части не уступает ресурсу новой детали.

Необходимость обеспечения запасными деталями различного технологического оборудования предполагает привлечение значительных материальных и трудовых затрат. При этом количество ремонтнопригодных деталей достигает 75 % от общего числа заменяемых деталей, что позволяет получить значительную экономию при переходе от покупки новых деталей к использованию ремонтных технологий [4], [7].

При изготовлении деталей машин всё большее распространение получают алюминиевые сплавы, которые благодаря соотношению прочностных свойств и лёгкости расширяют область применения и начинают вытеснять конструкционные стали и чугуны. Алюминиевые сплавы обладают уникальным сочетанием свойств: относительно высокая прочность, малая плотность, хорошая коррозионная стойкость, что делает их применение в изготовлении деталей машин весьма перспективным [3], [19], [22].

Перспективно использование алюминиевых сплавов в автомобилестроении, так как оно позволяет экономить горючее. Выгодно применять алюминий также в узлах грузовых, строительных машин. Хотя алюминиевые сплавы в 4...6 раз дороже стали, а изготовление деталей из них обходится на 20...30 % дороже стальных, применение 1 кг алюминия позволяет уменьшить массу машины на 2,25 кг [15].

В связи с этим большой актуальностью обладает проблема восстановления деталей машин, изготовленных из алюминиевых сплавов.

Возникновение трудностей при сварке алюминиевых сплавов связано с особенностями их физических и химических свойств. Из-за высокой теплопроводности алюминиевых сплавов возникают значительные остаточные напряжения и деформации, которые приводят к короблению конструкции и повышают вероятность образования трещин. Значительный коэффициент термического расширения, в несколько раз превышающий коэффициент термического расширения сталей, также оказывает негативное влияние на коробление конструкций и трещины в них. Наличие на поверхности детали тугоплавкой окисной плёнки, которая тяжелее расплавленного металла и тонет в нём, приводит к загрязнению сварного шва и существенно снижает его прочностные характеристики. Также следует принимать во внимание растворимость газов в расплавленном алюминии, что вызывает образование пор. Кроме того, алюминиевые сплавы характеризуются провалом прочности при нагреве, что приводит к нестабильности формы сварного шва и образованию горячих трещин.

Одной из деталей автомобиля, которая требует ремонта с использованием дуговых способов сварки, является корпус коробки передач автомобиля КАЛИНА. Для проведения эффективного ремонта этой детали требуется применение специального сварочного оборудования.

Однако ремонт этой детали требует существенно меньших затрат металла и энергии по сравнению с изготовлением новой детали. Кроме того, приобретение и доставка новой детали требует затрат времени, а реализация технологии ремонта позволяет этого избежать. На основании этого можно заключить, что ресурсосбережение должно двигаться в направлении повышения эффективности ремонтных технологий деталей из алюминиевых сплавов на примере корпуса коробки передач автомобиля КАЛИНА

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте корпуса коробки передач автомобиля КАЛИНА.

1 Современное состояние ремонтной сварки корпуса коробки передач автомобиля КАЛИНА

1.1 Сведения о детали и обнаруживаемых дефектах

Корпус коробки переключения передач, представленный на рисунке 1, выполняет важную функцию, в нем установлены все компоненты коробки передач: валы, шестерни, блокировочное устройство, синхронизаторы и пр. Местом крепления корпуса является картер сцепления. Около половины пространства картера КПП отведено для трансмиссионного масла (так как все механизмы коробки работают в интенсивном режиме, они должны регулярно смазываться).



Рисунок 1 – Картер коробки передач ВАЗ 1118

В ходе продолжительной эксплуатации коробки передач, в её корпусе возникают дефекты. Для продолжения эксплуатации коробки передач становится необходимо проведение ремонта с целью устранения этих дефектов.

Наиболее часто встречающимися дефектами картеров коробок передач являются: трещины в корпусе коробки передач, изношенные посадочные отверстия под подшипники, изношенные или сорванные резьбы в отверстиях.

При исправлении изношенных отверстий в корпусе коробки передач, если сорвано до двух ниток резьбы, выполняют прогонку мечиком. Если

сорвано более двух ниток резьбы, восстановление следует выполнить одним из следующих способов. Первый способ – заварка отверстия с последующим рассверливанием и нарезкой резьбы номинального диаметра. Второй способ – нарезка резьбы увеличенного диаметра. Третий способ – установка свертыша.

При исправлении износа посадочного места под подшипник применяют осталивание или установку дополнительной детали - втулки. После того, как выполнили восстановление отверстия, на горизонтально-расточном станке растачивают отверстие до номинального диаметра, соблюдая совпадение осей отверстий.

Если выполняется устранение трещины на корпусе коробки передач, применяют дуговую сварку с зачисткой сварочного шва абразивным кругом.

1.2 Сведения о материале для изготовления корпуса коробки передач

В настоящее время для машиностроения значительное количество деталей отливают из алюминиевых сплавов. В основном таковыми являются корпусные детали автомобиля. К корпусным деталям относят: крышки газораспределительного механизма, поршня; крышки клапанов; головки блока цилиндров двигателя; блоки двигателя; крышки распределительных шестерен; корпуса масляного и водяного насоса; картеры – сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, рулевого механизма; радиаторы охлаждения двигателя, топливные баки и др. [2], [19].

Сплавы алюминия ориентировочно подразделяются на несколько групп: 1) алюминий; 2) двойные сплавы Al—Mn, Al—Mg и Al—Cu с примесью магния и марганца; 3) тройные сплавы Al—Mg—Si; 4) тройные сплавы Al—Zn—Mg с примесью Cu; 5) сложного легирования и 6) литейные сплавы. Свойства и технологическая свариваемость этих сплавов различна [8].

Корпус коробки передач изготавливается из литейного алюминиевого сплава АЛ9. Содержание химических элементов в сплаве АЛ9 представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в сплаве АЛ9 [1]

Марка сплава	Основные компоненты			Примеси, не более							
	Al	Mg	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	Sn	Pb	Be	Ti+Zr
АЛ9	Основа	0,2—0,4	6,0—8,0	1,50	0,50	0,20	0,30	0,01	0,05	0,10	0,15

Основными примесями технического алюминия являются железо, кремний и медь. В твердом алюминии железо растворяется незначительно. Оно может присутствовать в алюминии в виде самостоятельной фазы $FeAl_3$. Железо — вредная примесь в алюминии и в большинстве его сплавов. Оно снижает коррозионную стойкость алюминия, резко уменьшает пластичность и электрическую проводимость, но несколько повышает прочность. Кремний — обычная примесь в алюминии. В сплаве АЛ9 кремний специально добавляется в качестве легирующего элемента. Образующиеся при этом соединения ($CuAl_2$, Mg_2Si , $CuMgAl_2$ и др.) эффективно упрочняют алюминиевые сплавы. Кремний оказывает на свойства алюминия такое же влияние, как и железо. Аналогично на алюминий действует и медь, которая также ограничено в нем растворяется. С серой, фосфором и углеродом алюминий взаимодействует лишь при высокой температуре [2], [19].

Добавление в алюминиевый сплав марганца повышает его коррозионную стойкость и усиливают эффект старения, кроме того, марганец устраняет вредное влияние железа [2], [19].

Особенности алюминиевых сплавов по сравнению с низкоуглеродистыми сталями обуславливают трудности их сварки [17], [21]. Первая трудность возникает из-за наличия на поверхности свариваемых деталей и сварочной проволоки тугоплавкого окисла Al_2O_3 . Температура плавления этого окисла достигает 2050 °С, что существенно превышает

температуру плавления алюминия (660 °С). В результате такой разницы температур плавления основного металла и окисной плёнки происходит загрязнение металла сварочной ванны частицами пленки. Кроме того, эти частицы тяжелее расплавленного алюминия, поэтому тонут в расплавленном металле, загрязняя его.

Вторая трудность связана с катастрофической потерей прочности алюминиевого сплава при его нагреве. В результате этого происходит «проваливание» сварочной ванны под собственным весом, расплавленный алюминий начинает протекать в зазор или через корневой слой шва.

Третья трудность сварки алюминиевых сплавов связана с повышенным по сравнению со сталями коэффициентом линейного расширения. Это вызывает увеличенные деформации при сварке конструкций из алюминиевых сплавов.

Четвертая трудность связана со способностью расплавленного алюминия интенсивно растворять в себе различные газы. В результате при кристаллизации происходит обратное выделение газов и образование пористости, что существенно снижает прочность и пластические свойства сварного соединения.

Пятой трудностью является высокая вероятность получения горячих трещин при сварке алюминиевых сплавов. Это объясняется тем, что металл сварного шва имеет столбчатую структуру, а выделение легкоплавкой эвтектики происходит по границам этих зёрен.

Описанные трудности присущи всем способам сварки, которые можно использовать при выполнении конструкций из алюминиевых сплавов. Но следует учитывать, что острота проблемы снижается при переходе на сварку с высокой концентрацией тепловой энергии. Поэтому более предпочтительными являются перспективные способы сварки (в порядке увеличения предпочтения): ручная дуговая сварка – механизированная сварка проволокой в защитных газах – аргодуговая сварка неплавящимся электродом – плазменная сварка – лазерная сварка – электронно-лучевая

сварка. Особое место среди возможных способов занимает сварка трением с перемешиванием.

Применение традиционных способов сварки при изготовлении конструкций из алюминиевых сплавов позволяет получать сварной шов с прочностными свойствами на 20...35 % меньшими по сравнению с прочностными свойствами основного металла [17], [21].

При ремонтной сварки изделий из алюминиевых сплавов в сварном шве могут образовываться горячие трещины. Причиной возникновения горячих трещин является грубая столбчатая структура металла сварного шва, по границам которой выделяется легкоплавкая эвтектика. Причиной горячих трещин при сварке алюминиевых сплавов является также значительная литейная усадка, что приводит к возникновению растягивающих напряжений в момент кристаллизации металла сварного шва. Для борьбы с горячими трещинами используют специальные элементы-модификаторы, которые улучшают структуру металла сварного шва.

При выполнении ремонтной сварки изделий из алюминиевых сплавов следует принимать во внимание высокую склонность к растрескиванию металла сварного шва в кратере при окончании сварки. Это объясняется значительным термическим расширением алюминия при сварке и быстрым сужением по окончании сварки. В процессе кристаллизации металла на поверхности кратера происходит образование значительных растягивающих напряжений и растрескивание. Чтобы избежать растрескивания металла в кратере, следует придавать сварным швам выпуклую форму, это позволяет частично компенсировать растягивающие усилия при быстрой кристаллизации металла.

Также следует учитывать, что при выполнении ремонтной сварки изделий из алюминиевых сплавов прочность сварного шва может существенно варьироваться в зависимости от доли участия присадочного металла в сварном шве. При этом изменяется содержание легирующих элементов и примесей.

1.3 Базовая технология ремонтной заварки трещин в корпусе коробки передач

Выполнение ремонтной сварки происходит на специально оборудованном участке, состав которого представлен на рисунке 2. Участок ремонтной сварки деталей оснащён системой отсоса воздуха, на нём размещены сварочные источники питания и оснастка для крепления деталей.

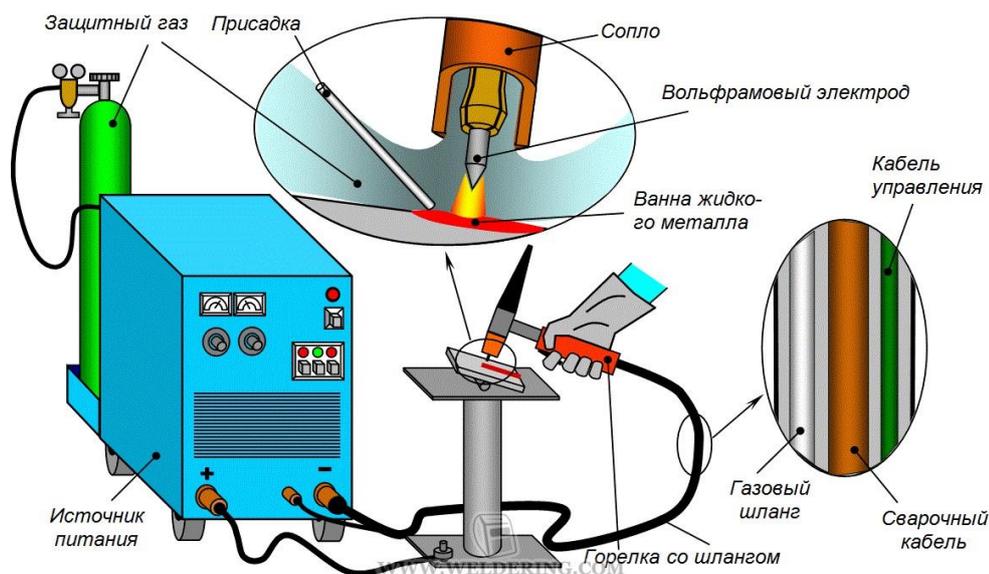


Рисунок 2 – Состав участка для ремонтной сварки

Внешний осмотр с применением дополнительных средств позволяет выявить внешние дефекты на деталях. По результатам дефектации выполняют сортировку деталей на годные, требующие восстановления и негодные. Для отличия деталей одной группы от деталей другой группы применяют их цветную маркировку: годные детали помечают зелёной краской, требующие ремонта – жёлтой, негодные – красной. Годные детали, помеченные зелёной краской, поступают на дальнейшее комплектование агрегатов. Детали, требующие ремонта и помеченные жёлтой краской, поступают на участок ремонта для исправления дефектов. Негодные детали, помеченные красной краской, поступают на утилизацию.

Перед ремонтной сваркой следует выполнить обезжиривание детали. Для этого применяют 10%-ный раствор NaOH, который был нагрет до

температуры 60...70 °С. Под воздействием щёлочи происходит стравливание с поверхности окисной плёнки в течение 2...3 минут. После того, как была удалена окисная пленка, смывание остатков щёлочи выполняют холодной водой, далее с применением сжатого воздуха выполняют просушку детали.

Непосредственно перед сваркой выполняют механическую очистку свариваемых кромок с использованием металлической щетки из нержавеющей стали с диаметром проволоки не более 0,15 мм. Применение наждачных кругов или бумаги нежелательно, так как на поверхности детали в этом случае образуются глубокие царапины, в которые забивается грязь, что становится причиной порообразования. После очистки кромки следует тщательно протереть сухой чистой ветошью. После очистки дефектное место следует заварить в течение 5...6 часов, в противном случае следует повторить очистку дефектного места.

Перед выполнением ремонтной заварки следует внимательно осмотреть трещину для точного выявления её концов, которые следует засверливать сверлом с диаметром 5 мм. Для выявления границ трещины можно воспользоваться пламенем газовой горелки. При засверливании трещины необходимо сверло располагать таким образом, чтобы цент отверстия находился на 3...5 мм дальше конца трещины. После засверливания следует выполнить разделку кромок подрубкой с использованием зубила и молотка. Если трещина несквозная, её разделку следует выполнять на глубину больше 3 мм, чем глубина залегания трещины. Параметры режима сварки представлены в таблице 2.

Для сварки применяется источник питания УДГУ-351, представленный на рисунке 3. Для защиты сварочной ванны и нагретого металла применяется аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79. В качестве неплавящегося электрода используются прутки из лантанированного вольфрама ЭВЛ диаметром 2 или 3 мм. Поскольку в сплаве АЛ9 содержится значительное количество легирующих элементов (кремний и магний), то для ремонтной сварки деталей из таких сплавов необходимо применение высоколегированных

проволок. В базовой технологии ремонтной сварки применяется проволока СВАК5, состав которой представлен в таблице 3. В качестве защитного газа используется аргон, поставляемый в баллонах, представленных на рисунке 4.



Рисунок 3 – Источник питания УДГУ-351



Рисунок 4 – Баллоны для аргона

Таблица 2 – Параметры режима ремонтной аргонно-дуговой сварки вольфрамовым электродом деталей из алюминиевых сплавов

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

Таблица 3 – Содержание химических элементов в проволоке СвАК5 [9]

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

После выполнения ремонтной сварки следует зачистить сварной шов от загрязнений и брызг, после чего осмотреть сам шов, прилегающий основной металл на ширину не менее 20 мм. Косвенным признаком качественно выполненного сварного шва является постоянство его геометрических размеров и мелкая чешуйчатость [16], [18]. Уменьшение размеров сварного шва относительно заданных сигнализирует о наличии дефектов и некачественно выполненной сварке.

Осмотр сварных швов проводят с применением лупы 4...10 кратного увеличения и невооружённым глазом. Для контроля размеров сварных швов применяют универсальный шаблон сварщика. Возможные внутренние дефекты обнаруживают при помощи ультразвукового дефектоскопа УД 2-102, представленного на рисунке 5.



Рисунок 5 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-102

Качество сварного шва в значительной мере определяется квалификацией сварщика, состоянием сварочного оборудования и культурой производства.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте корпуса коробки передач автомобиля КАЛИНА.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Недостатками базовой технологии является: малая производительность способа сварки; высокие требования к квалификации сварщика, от способностей которого существенно зависит качество сварки; требуется проведение качественной подготовки поверхности детали и сварочной проволоки.

Анализ состояния вопроса позволил сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, при условии решения которых будет достигнута поставленная цель.

Первая задача – выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к ремонтной сварке рассматриваемой детали.

Вторая задача – составить проектную технологию ремонтной сварки.

Выполнение разделов оценочного блока предусматривает решение следующих задач.

Третья задача – оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал.

Четвёртая задача – оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

2 Проектная технология ремонтной сварки корпуса коробки передач

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

На основании анализа источников научно-технической информации по теме можно выделить несколько дуговых способов, которые могут быть использованы при ремонтной сварке деталей из алюминиевых сплавов:

- ручная дуговая сварка покрытым электродом,
- механизированная сварка плавящимся электродом в защитном газе,
- сварка неплавящимся электродом в инертном газе,
- плазменная сварка,
- сварка трёхфазной дугой.

Для ручной дуговой сварки алюминиевых сплавов, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, могут применяться выпрямители, которые имеют падающую характеристику. При ремонтной сварке деталей из алюминиевых сплавов получается значительная скорость плавления электрода, поддержание постоянной величины которой затруднительно. Поэтому применяются электроды с диаметром 4 мм и более. Сварку рекомендуется вести в нижнем положении, сварка в вертикальном и потолочном положении практически не применяется из-за трудности удержания металла сварочной ванны. При сварке следует поддерживать как можно более короткую дугу с наклоном электрода $60...90^\circ$, который позволяет следить за сварочной ванной. Перед сваркой используют предварительный подогрев газовым пламенем.

Механизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах, схема выполнения которой представлена на рисунке 7, может быть применена при ремонтной сварке деталей из алюминиевых сплавов. Этот способ сварки наиболее эффективен при значительной толщине деталей и обеспечивает высокую производительность по сравнению со сваркой

неплавящимся электродом. Сварку обычно ведут на постоянном токе обратной полярности. Сварка на постоянном токе прямой полярности также возможна, но при ней происходит снижение стабильности горения дуги и увеличивается разбрызгивание металла. Сварка на переменном токе невозможна из-за низкой стабильности горения дуги. При механизированной сварке плавящимся электродом в защитных газах следует обеспечить надёжную подачу алюминиевой электродной проволоки, которая, по сравнению со стальной проволокой существенно мягче. Это приводит к повышению вероятности получения заломов и сминания проволоки механизмом подачи. Также следует учитывать, что сварка плавящимся электродом сопровождается значительно большей пористостью по сравнению со сваркой неплавящимся электродом. Это объясняется тем, что поры образуются не только в сварочной ванне, но и в каплях расплавленного металла.

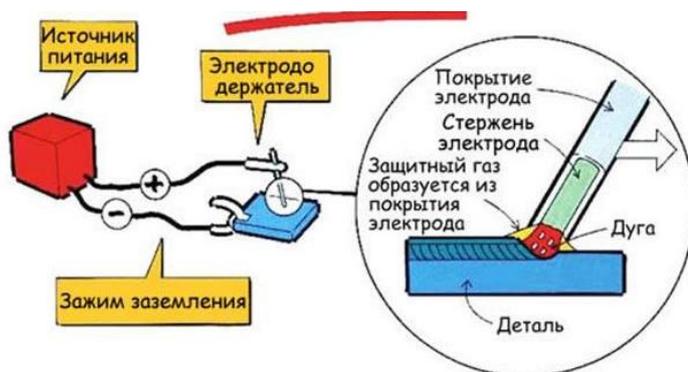


Рисунок 6 – Принципиальная схема сварки штучными электродами

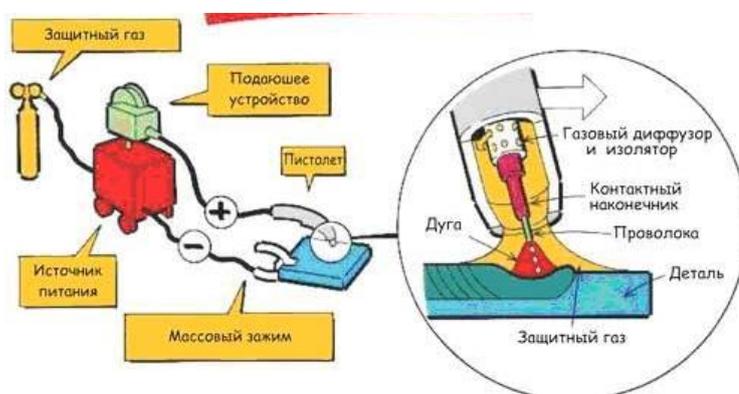


Рисунок 7 – Принципиальная схема сварки в защитных газах плавящимся электродом

При сварке неплавящимся электродом, схема выполнения которой представлена на рисунке 8, в качестве неплавящегося электрода применяют активированный вольфрам (лантанированный или итерированный). В качестве источника нагрева используется электрическая дуга, которая горит между электродом и изделием. Защита сварочной ванны, электрода, присадочной проволоки и перегретого металла обеспечивается инертным газом, который поступает из газового сопла. В качестве защитного инертного газа применяется аргон, гелий или их смесь. Присадочный металл подается в зону сварки вручную. Преимуществами сварки неплавящимся электродом в инертном газе являются: малая зона термического влияния, высокое качество сварных соединений, хороший внешний вид сварных швов, возможность регулирования состава и свойств сварного шва за счёт изменения доли присадочного металла. В качестве недостатков сварки неплавящимся электродом в инертном газе можно отметить: низкую производительность выполнения сварочных работ; повышенные требования к подготовке деталей и проволоки перед сваркой, высокие требования к квалификации сварщика и общей культуре производства.

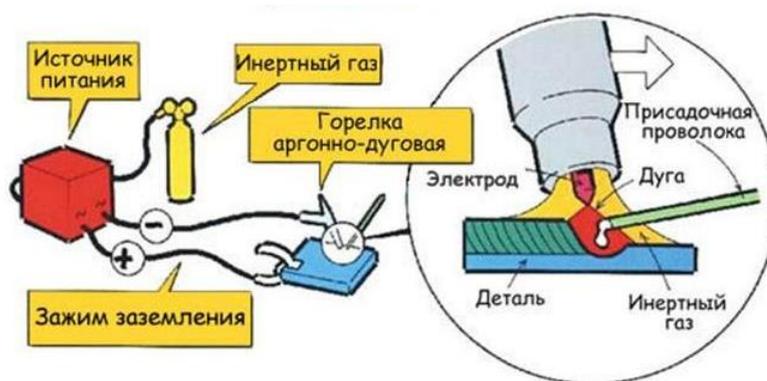


Рисунок 8 – Принципиальная схема сварки в инертных газах неплавящимся электродом

Ещё одним способом ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов является плазменная сварка (сварка сжатой дугой), выполнение которой возможно на постоянном токе обратной полярности, схеме выполнения плазменной сварки представлена на рисунке 9. Применение

плазменной сварки приводит к повышению производительности, существенно повышает стабильность качества сварных соединений [20]. Кроме того, за счёт высокой концентрации энергии существенно уменьшается зона термического влияния и остаточные напряжения в детали после сварки. Горение дуги при плазменной сварке отличается высокой устойчивостью. В качестве недостатков плазменной сварки следует отметить: значительную нагрузку на сопло плазматрона его ускоренный износ.

Перспективным способом ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов является сварка трёхфазной дугой [5], [9], схема выполнения которой представлена на рисунке 10. При сварке с использованием трёхфазной дуги сварочная горелка оснащена двумя вольфрамовыми электродами. К каждому электроду подводится переменный ток от своей фазы, третья фаза подключена к изделию. Таким образом, при сварке наблюдается горение нескольких дуг. Между электродами горит независимая дуга. Также две дуги горят между электродами и изделием. Такое горение нескольких дуг позволяет существенно повысить устойчивость и производительность процесса сварки.

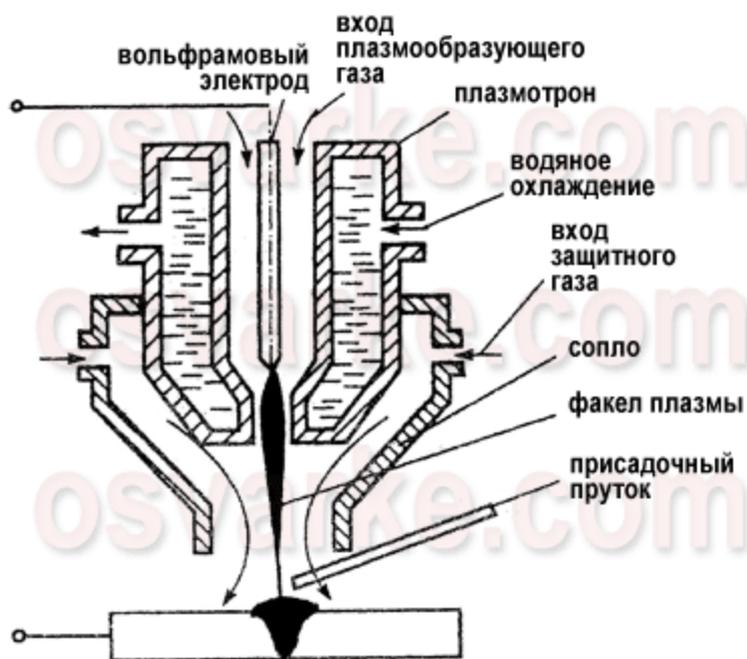


Рисунок 9 – Схема выполнения плазменной сварки

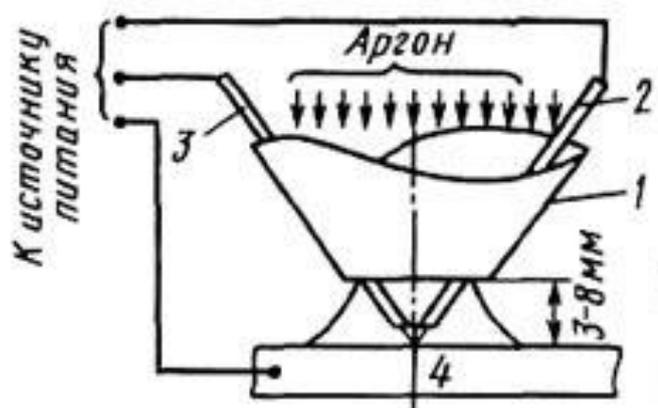


Рисунок 10 – Схема сварки трёхфазной дугой

В качестве преимуществ сварки трёхфазной дугой следует отметить: высокую проплавляющую способность дуги, высокую производительность сварки, эффективное разрушение окисной плёнки на поверхности свариваемых деталей.

В качестве недостатков сварки трёхфазной дугой следует отметить: существенное увеличение веса сварочной горелки, что делает неудобным манипуляции и увеличивает утомляемость сварщика, необходимость качественной очистки поверхности сварочной проволоки от окислов и загрязнений.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа построение проектной технологии ремонтной сварки предложено выполнить на основании механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах.

Повышение эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов возможно при использовании специальных импульсных аппаратов. Алгоритм работы этих аппаратов предусматривает возможность получения импульса высокого напряжения на дуге, который разрушает окисную плёнку на поверхности деталей. В процессе формирования каждая сварочная капля проходит несколько стадий, управление которыми позволяет повысить стабильность переноса металла и качество сварного соединения [6], [23],

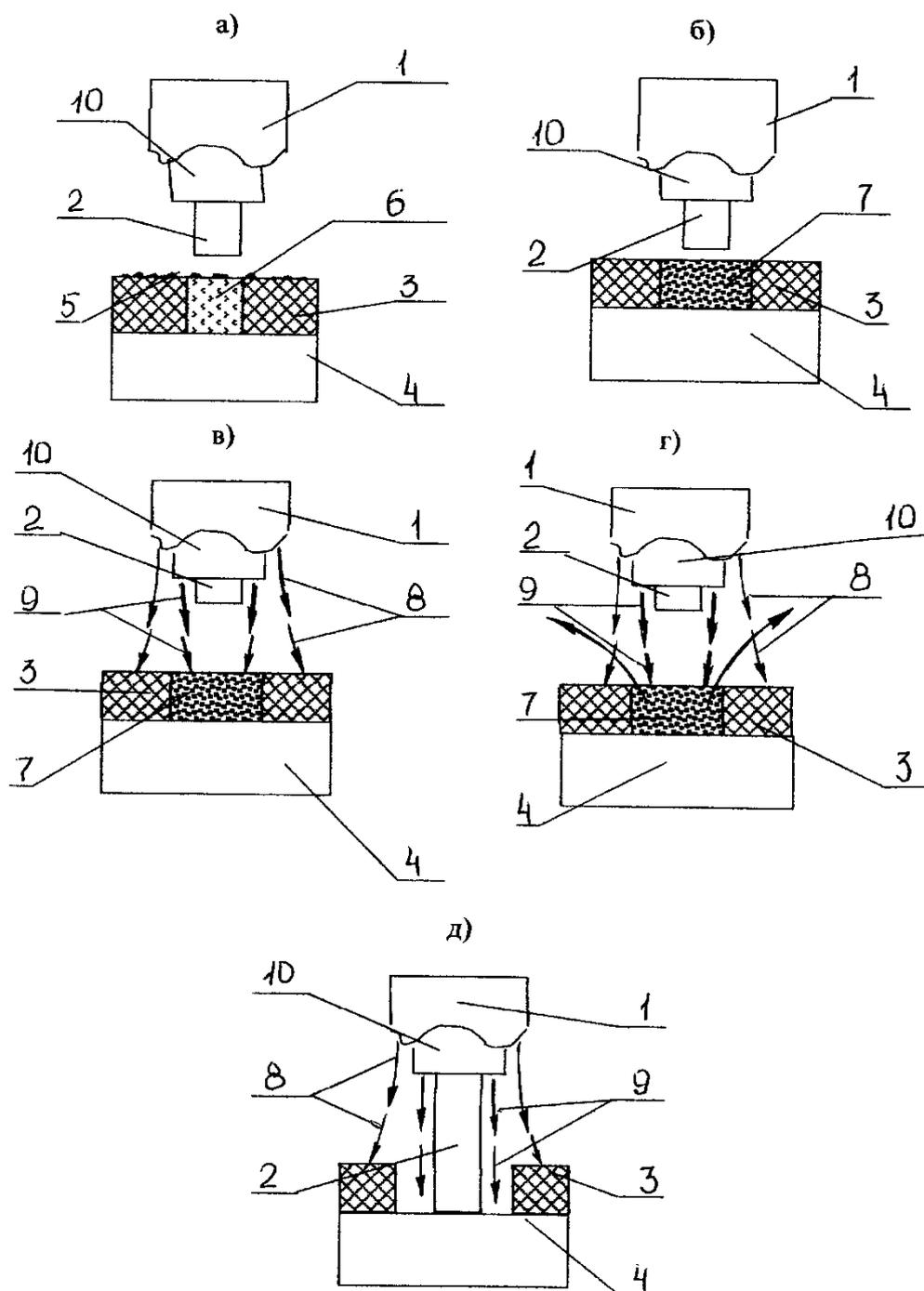
[24]. За счёт импульсного управления переносом металла достигается: существенное снижение разбрызгивания, снижение сварочных напряжений и деформаций, упрощается возбуждение дуги, повышается стабильность горения сварочной дуги, большая концентрация энергии способствует интенсивному разрушению окисной пленки на поверхности деталей и снижению пористости в металле шва, улучшаются условия кристаллизации сварочной ванны, возрастают все показатели качества. Импульсное управление горением дуги и подачей электродной проволоки позволяют повысить эффективность механизированной сварки деталей из алюминиевых сплавов [12].

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах при ремонтной сварке деталей из алюминиевых сплавов

При ремонтной сварке деталей автомобиля приходится сталкиваться со значительными тяжело устранимыми загрязнениями на поверхности восстанавливаемых деталей. К этим загрязнениям относят продукты коррозии, нагар, остатки смазочных материалов. Эти загрязнения являются диэлектриками и поэтому усложняют зажигание сварочной дуги и сам процесс ремонтной сварки.

Для динамического удаления загрязнений с поверхности деталей при ремонтной сварке предлагается эффективный способ [14], схема проведения которого представлена на рисунке 11.

«В начальный период процесса сварки на электрод 2 в момент касания слоя загрязнений 3 подается импульс тока большой мощности с максимальными параметрами: сила тока 800...900 А, напряжение 60...80 В, длительность импульса $t_{и}=1,5$ мс, необходимый для образования каналов прохождения электрического тока 6 (пробоя диэлектрика) между электродом 2 и деталью 4 через микровыступы 5» [14], как показано на рисунке 11а.



1 - сопло горелки, 2 - электрод, 3 - слой загрязнений, 4 - деталь, 5 - микровыступы, 6 - каналы прохождения электрического тока, 7 - термически разрушенный слой загрязнений, 8 - защитный газ, 9 - вспомогательный газ, 10 - наконечник горелки

Рисунок 11 – Процесс термического разрушения и удаления слоя загрязнений из зоны сварки согласно [14]

При «пробое» загрязнения, которое является диэлектриком, протекание электрического тока сопровождается выделением значительного количества

теплоты, которая приводит к разрушению слоя загрязнения, как показано на рисунке 11б.

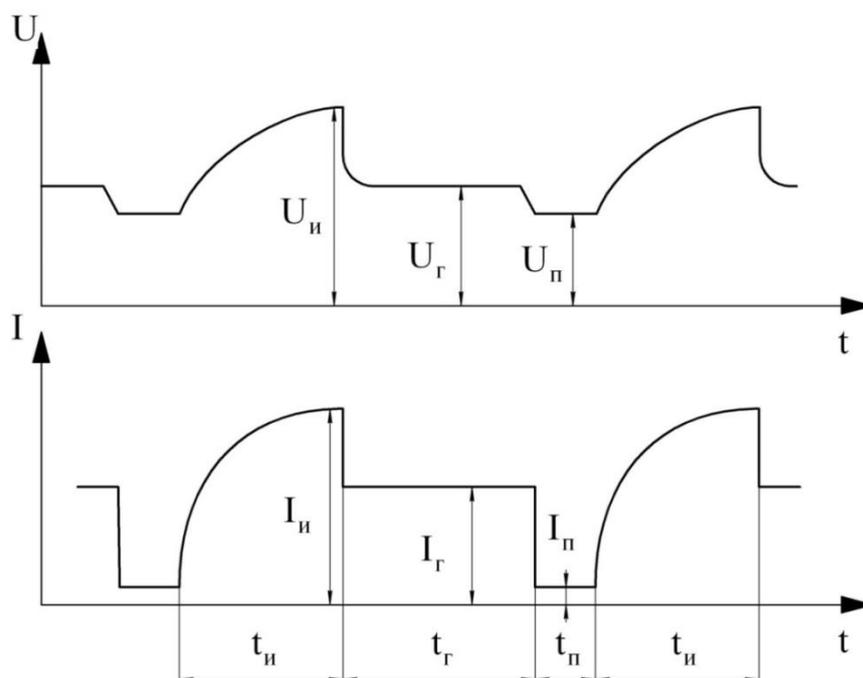
«Для удаления термически разрушенного слоя загрязнений 7 в локальную зону контакта сварочного электрода 2 с поверхностью детали 4 через наконечник горелки 10, под высоким давлением (≈ 5 МПа), вводится поток вспомогательного газа 9, представляющий собой одновременно подаваемые ударные струи, которые посредством кинетической энергии газодинамического напора удаляют из зоны сварки продукты термически разрушенного слоя загрязнений» [14], как показано на рисунках 11в и 11г.

«С началом стабильного процесса сварки сила тока и напряжения автоматически снижаются до рабочего режима, однако тепла, выделяемого сварочной дугой, и теплопроводности свариваемого металла достаточно для дальнейшего термического разрушения слоя загрязнений в зоне сварки. Удаление термически разрушенного слоя при этом происходит струями вспомогательного газа по схеме, описанной выше, и дополнительно газодинамическим напором сварочной дуги» [14].

Предлагаемый способ импульсной дуговой сварки плавящимся электродом «предполагает наложение на нормально горящую дугу кратковременных импульсов сварочного тока. Отрыв капли расплавленного электродного металла и перенос ее в сварочную ванну происходит в интервале между импульсами. Перед началом каждого импульса производят ограничение тока нормально горящей дуги до значений 20...30 А на период времени 1...3 мс» [13]. Осциллограммы тока и напряжения представлены на рисунке 12.

«На интервале времени t_r происходит горение дуги при нормальном токе. На интервале времени t_n происходит уменьшение тока дуги I_n до значений 20...30 А. В это же время вследствие продолжающейся подачи электродной проволоки капля расплавленного электродного металла занимает соосное с электродом положение и движется навстречу сварочной ванне. В период t_n на сварочную дугу наложены импульсы тока

$I_{и}=(300...1200 \text{ А})$, которые приводят к расширению столба дуги и втягиванию капли расплавленного электродного металла в столб дуги. В этот момент капля отрывается от проволоки и переносится в сварочную ванну. В период t_r происходит интенсивное плавление электродной проволоки с образованием на торце капли расплавленного металла. Эта капля под силовым воздействием сварочной дуги перемещается с торца электрода в сторону. После времени t_r происходит ограничение сварочного тока до величин $20...30 \text{ А}$ на $1...3 \text{ мс}$, что уменьшает воздействие дуги на каплю и приводит к тому, что капля принимает соосное с электродом положение на его торце, далее процесс повторяют» [13].

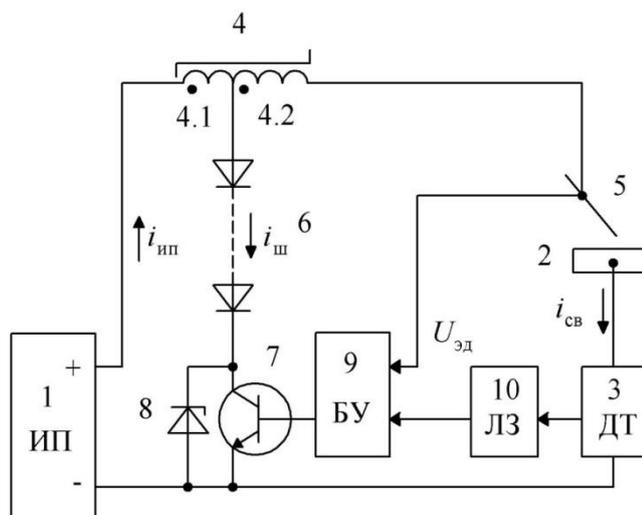


I - ток; U - напряжение; t - время; $I_{и}$ - ток импульса; I_r - ток нормально горящей дуги; $I_п$ - ток паузы; $U_{и}$ - напряжение импульса; U_r - напряжение нормально горящей дуги; $t_{и}$ - время импульса; t_r - время горения нормально горящей дуги; $t_п$ - время паузы.

Рисунок 12 – Осциллограммы тока и напряжения при импульсном управлении сварочной дугой

При импульсном управлении обеспечивается квазистабильность формирования капли электродного металла. Улучшаются условия переноса электродного металла в сварочную ванну. Повышается качество сварных швов при выполнении сварки во всех пространственных положениях.

Предлагаемое устройство для сварки с импульсным управлением сварочной дугой представлено на рисунке 13. Он состоит из: источника питания 1 (ИП) постоянного тока; датчика тока 3 (ДТ); дросселя 4 с насыщающимся магнитопроводом и секционированной обмоткой (секции 4.1 и 4.2); электрода 5; диодов 6, соединенных последовательно и согласованно; транзистора 7; стабилитрона 8; блока управления 9 (БУ); линии задержки 10 (ЛЗ).



- 1 - источник питания (ИП); 2 - свариваемое изделие; 3 - датчик тока (ДТ);
 4 - дроссель; 5 - сварочный электрод (проволока); 6 - блок диодов;
 7 - транзистор; 8 - стабилитрон; 9 - блок управления (БУ); 10 - линия задержки (ЛЗ)

Рисунок 13 – Устройство для сварки

При этом крайние выводы обмотки дросселя 4 подключены, соответственно, к клемме «плюс» источника питания 1 (ИП) и к электроду 5, а отвод от нее подключен к аноду первого диода. Катод последнего диода соединен с катодом стабилитрона 8 и с коллектором транзистора 7, эмиттер которого соединен с анодом стабилитрона 8 и клеммой «минус» источника питания 1 (ИП). Между клеммой «минус» источника питания 1 (ИП) и свариваемым изделием 2 включен датчик тока 3 (ДТ), выход которого соединен с входом линии задержки 10 (ЛЗ), а ее выход соединен с одним из входов блока управления 9 (БУ), другой вход которого соединен с электродом 5. Выход блока управления 9 (БУ) соединен с базой транзистора 7.

2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки корпуса коробки передач

Выбранный способ сварки, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитном газе, предусматривает применение сварочных материалов. Применительно к рассматриваемому способу сварки сварочными материалами являются: сварочная проволока и защитный газ.

В качестве защитного газа может быть применён как чистый аргон (ГОСТ 10157), так и смесь защитных газов «аргона + гелий». Аргон в защитной газовой смеси используется по ГОСТ 10157 и составляет 35...40 % от объёма смеси. Гелий в защитной газовой смеси используется по ТУ 51-940 и составляет 60...65 % от объёма смеси. Для проектной технологии применим чистый аргон, использование которого обеспечит стабильное горение дуги и качество сварного соединения без дополнительных финансовых затрат на дорогостоящий гелий.

Подготовку трещины перед ремонтной сваркой выполняют следующим образом. Предварительно необходимо тщательно осмотреть трещину, выявляя её концы. Обнаружение границ трещины облегчается, если выполнять её нагрев газовым пламенем до температуры 100...150 °С. Концы трещины следует засверливать с использованием сверла диаметром 5 мм, при этом необходимо следить, чтобы центр отверстия находился на расстоянии 3...5 мм от видимого конца трещины. Если трещина сквозная, то её разделку выполняют на всю толщину металла. Если трещина несквозная, то глубина разделки должна превышать глубину залегания трещины на 3 мм.

Проектная технология сварки предусматривает применяем импульсного управления сварочной дугой. Питание сварочной дуги осуществляем от стандартного выпрямителя ВДУ-506, представленный на рисунке 14а. Подачу сварочной проволоки выполняем с использованием стандартного механизма подачи ПДГ 312-5, представленного на рисунке 14б.

Для формирования импульсов сварочного тока применим приставку к источнику питания, которую предлагается собирать по ранее описанной схеме согласно [13].

В процессе сварки следует строго соблюдать заданные параметры режима сварки согласно таблицы 4 и таблицы 5. В процессе выполнения сварного шва следует добиваться полного заполнения кратера. Перед окончанием сварки следует заполнить конечную точку кратера расплавленным аргоном и обдуть её аргоном до полного затвердевания и охлаждения. В противном случае будет наблюдаться усиленное окисление поверхности конечного кратера.

Таблица 4 – Параметры режима импульсно-дуговой сварки по проектной технологии (постоянный ток обратной полярности)

Толщина деталей	Диаметр проволоки	Сила тока	Напряжение	Вылет проволоки	Скорость сварки	Расход аргона
4 мм	1,6 мм	100... 120 А	19... 20 В	12... 14 мм	25... 30 м/ч	8... 9 л/мин

Таблица 5 – Параметры импульсного питания сварочной дуги

Параметр	Значение
Ток импульса $I_{и}$	500...600 А
Ток нормально горящей дуги $I_{г}$	100...120 А
Ток паузы $I_{п}$	20...30 А
Время импульса $t_{и}$	2...3 мс
Время горения нормально горящей дуги $t_{г}$	14...17 мс
Время паузы $t_{п}$	1...3 мс



Рисунок 14 – Оборудование для сварки по проектной технологии

При сварке следует своевременно обнаруживать и устранять дефекты, которые приводят к снижению качества сварки и эксплуатационных свойств вагона. Контроль качества проводят внешним осмотром и неразрушающим контролем.

Визуально-измерительный контроль выполняют сразу после сварки по всей протяжённости сварного шва. При этом в ходе визуально-измерительного контроля выявляются такие дефекты, выходящие на поверхность, как оксидные включения, несплавления, газовая пористость, вольфрамовые включения, горячие и холодные трещины, раковины [2].

На готовых изделиях следует «подвергать осмотру сварной шов и зону прилегающего металла на расстоянии до 20 мм от шва. Осмотр производят после очистки от шлака, брызг и загрязнений. О качестве шва может свидетельствовать его постоянные геометрические размеры и внешний вид, равномерная чешуйчатость шва, а также цвет поверхности изделия» [2].

Место ремонтной сварки осматривают невооруженным глазом или с использованием лупы 4...10-кратного увеличения. Возможность выявления дефектов может зависеть от освещенности, индивидуальных свойств зрения, яркости, цвета, угловых размеров и резкости контура дефекта, а также контраста между дефектом и поверхностью изделия [2].

Если в процессе визуально-измерительного контроля был обнаружен недопустимый дефект, это место следует зачистить до его устранения и переварить. Допускается не более двух исправлений дефектов в одном месте.

Обнаружение внутренних дефектов в сварных соединениях выполняют при помощи ультразвукового дефектоскопа УД 2-102. По результатам проверки не допускаются: газовая пористость, вольфрамовые включения, горячие и холодные трещины, раковины. Выявление дефектов осуществляют теневым методом.

Выводы по второму разделу

На основании анализа источников научно-технической информации по теме ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов выделено несколько способов:

- ручная дуговая сварка покрытым электродом,
- механизированная сварка плавящимся электродом в защитном газе,
- сварка неплавящимся электродом в инертном газе,
- плазменная сварка,
- сварка трёхфазной дугой.

На основании результатов проведённых литературных исследований можно сделать вывод о том, что перспективным направлением повышения производительности при ремонтной сварке деталей из алюминиевых сплавов может считаться применение модернизированной механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. При этом повышение эффективности способа сварки достигается за счёт управления переносом электродного металла при сварке.

Для импульсного управления горением дуги и переносом электродного металла предложено использовать формирователь импульсов согласно разработке отечественных исследователей [13].

Для повышения производительности ремонтной сварки и эффективного удаления загрязнений с поверхности деталей предложено проработать разработку отечественных исследователей [14].

После решения поставленных задач воспоследует оценочный блок, где будут проведены следующие работы:

- выполнить оценку предложенных в исполнительском разделе технологических решений на предмет отрицательного влияния на здоровье персонала и окружающую среду;
- выполнить оценку предложенных технологических решений с точки зрения получения потенциального экономического эффекта.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при ремонте деталей из алюминиевых сплавов. Проектная технология ремонтной сварки предусматривает выполнение следующих операций: подготовка дефектного участка; заварка дефектного участка; контроль качества.

Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью и сопровождается получением значительного числа дефектов. Проектный вариант технологии предполагает применение механизированной сварки с импульсным управлением, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество ремонтной сварки.

Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Характеристика операций проектного технологического процесса приведена в таблице 6.

Таблица 6 - Технологический паспорт технического объекта

Краткая формулировка выполняемой технологической операции	Наименование должности участника технологического процесса	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Материалы и вещества для проведения технологического процесса
1. Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	1) машина моечная 2) дробеструйная камера 3) щетка металлическая 4) компрессор 5) сверлильный станок	1) моющий раствор 2) вода техническая 3) ацетон
2. Заварка дефектного места	Электросварщик	1) источник питания 2) сварочная горелка	1) сварочная проволока 2) аргон
3. Контроль качества	Дефектоскопист	1) лупа 2) дефектоскоп 3) штангенциркуль 4) твердомер 5) контрольный стол	1) масло 2) кисть

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, приведена в таблице 7.

Возникновение травм и профессиональных заболеваний работников происходит по причине воздействия опасных и вредных производственных факторов. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Краткая формулировка выполняемой технологической операции	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Заварка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	Источник питания, сварочная горелка
3. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - 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 	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Реализация в производстве проектной технологии, операции которой подробно описаны в настоящей выпускной квалификационной работе, сопровождается опасными и вредными производственными факторами. Источниками этих опасных и вредных производственных факторов является применяемое технологическое оборудование и другие объекты производства. Эти источники были приведены и проанализированы выше при идентификации опасных и вредных производственных факторов.

На основании анализа профессиональных рисков, возникающих при воздействии описанных производственных факторов, в таблице 8 предложены стандартные мероприятия и средства защиты, которые позволяют полностью устранить влияние опасного фактора. Приведённые мероприятия и меры защиты позволили также снизить влияние вредных производственных факторов до приемлемого уровня.

Таблица 8 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей

Продолжение таблицы 8

1	2	3
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.

Предложенные меры позволили исключить травматизм при реализации проектного технологического процесса и защитить работника от получения профессиональных заболеваний.

Однако осуществление проектной технологии предусматривает не только возникновение опасных и вредных факторов, влияющих на участников производственного процесса. Негативному воздействию подвергается окружающая среда. Таким образом, технологический процесс может представлять угрозу за счёт возникновения неблагоприятных экологических факторов (загрязнение воздуха, гидросферы и литосферы).

Кроме того, нормальное протекание технологического процесса может нарушаться при возникновении пожара, который становится ещё одним фактором отрицательного влияния на окружающую среду и участников производства (работающий персонал, производственные здания и оборудование).

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, согласно таблицы 9, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, представленные таблице 10.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка деталей из алюминиевых сплавов	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [9]	«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» [9].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [9].

Таблица 10 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Нет необходимости
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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий согласно таблицы 11.

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

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [9].

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблицы 12 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов согласно таблицы 13.

Таблица 12 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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

Таблица 13 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [9]
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [9].

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки емкости цистерны с применением механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки деталей из алюминиевого сплава на примере корпуса коробки передач автомобиля «КАЛИНА». Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки с импульсным управлением.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Недостатками базовой технологии является: малая производительность способа сварки; высокие требования к квалификации сварщика, от способностей которого существенно зависит качество сварки; требуется проведение качественной подготовки поверхности детали и сварочной проволоки.

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать замену этого способа на механизированную сварку с импульсным управлением.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества за счёт применения импульсной дуги также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблицы 14.

Таблица 14 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой 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
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	300	300
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы: - доплат к основной заработной плате - отчислений на дополнительную заработную плату - отчислений на социальные нужды - выполнения нормы	$K_{доп}$	%	12	12
	$K_{д}$	-	1,88	1,88
	$K_{сн}$	%	34	34
	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	300000	800000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	10	10
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование : - норма амортизации оборудования - коэффициент транспортно-заготовительных расходов - коэффициент затрат на монтаж и демонтаж - стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Н_{а}$	%	21,5	21,5
	$K_{т-з}$	%	5	5
	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,85	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	6	6
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных таблицы 14: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_{э} = F_{н} \cdot (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{П-З}. \quad (3)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

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

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

Годовая программа $П_{Г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (3) штучного времени $t_{шт}$:

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

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

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

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{Г} = 1000$ деталей в год.

При этом необходимое количество $n_{расч}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$):

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

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{1,21 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,57, \quad n_{РАСЧ.пр} = \frac{0,847 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,4.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На

основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{\text{пр}} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,57/1 = 0,57; K_{3п} = 0,4/1 = 0,4$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При сварке неплавящимся электродом расходными материалами будут присадочная проволока, защитный газ и неплавящиеся электроды. При механизированной сварке импульсной дугой расходными материалами будут присадочная проволока и защитный газ. Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента $K_{т-з}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

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

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

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента K_d доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

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

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

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12\%$):

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

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

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

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

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 682 + 82 = 764 \text{ рублей}, \quad \Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 478 + 57 = 535 \text{ рублей.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 764 \cdot 34 / 100 = 260 \text{ руб.},$$

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

Затраты $Z_{об}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{об}$ на амортизацию и $P_{ээ}$ на электрическую энергию:

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

Величина $A_{об}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{об}$, нормы амортизации H_a , машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени $F_э$ с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{об. баз.} = 300000 \cdot 21,5 \cdot 1,21 / 2054 / 100 = 38 \text{ руб.},$$

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

Расходы $P_{ээ}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{уст}$, цены электрической энергии $C_{ээ}$ для предприятий, машинного времени $t_{маш}$ и КПД оборудования:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{э-э}}{КПД}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{ээ баз} = 10 \cdot 1,21 \cdot 4,7 / 0,85 = 67 \text{ руб.}, P_{ээ пр} = 10 \cdot 0,847 \cdot 4,7 / 0,85 = 47 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{об баз.} = 38 + 67 = 105 \text{ руб.}, Z_{об проектн.} = 71 + 47 = 118 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\PhiЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 60 + 764 + 260 + 105 + 40 = 1229 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 50 + 535 + 182 + 118 + 29 = 914 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

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

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

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

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

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

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 15.

Таблица 15 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>M</i>	60	50
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	764	535
3. Отчисления на соц. нужды	<i>ОСН</i>	260	182
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	105	118
5. Затраты на площади	<i>Цпл</i>	40	29
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	1229	914
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	1023	717
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	2252	1631
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	784	550
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	3036	2181

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $Ц_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $Ц_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $Ц_{\text{перв}}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$Ц_{\text{об.б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ}} - (Ц_{\text{ПЕРВ}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$Ц_{\text{Об.Баз.}} = 300000 - (300000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 106500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{Общ.Баз.}} = 1 \cdot 106500 \cdot 0,57 = 60705 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$, вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих вложений $K_{\text{соп.}}$:

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

Капитальные вложения $K_{\text{об. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $Ц_{\text{об. пр.}}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$ по проектному варианту:

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

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

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

Сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп.}}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{\text{монт}}$ проектного оборудования:

$$K_{\text{соп.}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт.}} \quad (21)$$

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $Ц_{\text{б}}$ и $Ц_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (22)$$

$$K_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (23)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр}} = 336000 + 65000 = 401000 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ.пр}}$ и $K_{\text{общ.б}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

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

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

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы Π_{Γ} :

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

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 60705/1000 = 60,7 \text{ руб./ед.}; K_{\text{удПроектн.}} = 401000 /1000 = 401 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{\text{шт.б}}$ и $t_{\text{шт.пр}}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

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

Расчёт повышения производительности труда Π_T при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

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

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

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

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_T \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\mathcal{E}_{y.g.} = (3036 - 2181) \cdot 1000 = 855000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{y.g.}} \quad . \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

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

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$, получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{y.g.} - E_n \cdot K_{доп} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_г = 855000 - 0,33 \cdot 340295 = 742702 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов применяется аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. Недостатки её применения: низкая производительность выполнения сварочных работ, повышенные требования к подготовке деталей и проволоки перед сваркой, высокие требования к квалификации сварщика и общей культуре производства.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки импульсной дугой. Такая замена способа сварки

позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 30 %, повышение производительности труда на 43 %, уменьшение технологической себестоимости на 26 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 0,855 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,742 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,4 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Следует также отметить, что экономический эффект был рассчитан для пробной партии деталей – 1000 штук. Переход на массовое использование ремонтной сварки трёхфазной дугой в рамках отрасли увеличит экономический эффект на несколько порядков.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте корпуса коробки передач автомобиля КАЛИНА.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Недостатками базовой технологии является: малая производительность способа сварки; высокие требования к квалификации сварщика, от способностей которого существенно зависит качество сварки; требуется проведение качественной подготовки поверхности детали и сварочной проволоки.

На основании результатов проведённых литературных исследований сделан вывод о том, что перспективным направлением повышения производительности при ремонтной сварке деталей из алюминиевых сплавов может считаться применение модернизированной механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Для импульсного управления горением дуги и переносом электродного металла предложено использовать формирователь импульсов согласно разработке отечественных исследователей [13].

Для повышения производительности ремонтной сварки и эффективного удаления загрязнений с поверхности деталей предложено применить разработку отечественных исследователей [14].

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,742 млн. рублей.

Список используемой литературы и используемых источников

1. ГОСТ 2685-75 Сплавы алюминиевые литейные : марки, технические требования и методы испытаний. – М. : Издательство стандартов, 1980.
2. Гуревич С. М. Справочник по сварке цветных металлов. – Киев : Изд-во «Наукова думка», 1981. 608с.
3. Гуреева М. А., Грушко О. Е. Алюминиевые сплавы в сварных конструкциях современных транспортных средств // Конструкционные материалы. 2009. № 11 С. 27–41.
4. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин : учебное пособие. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014.
5. 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.
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. Камкин С. В., Возницкий И. В., Большаков В. Ф. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок. М.: Транспорт, 1996. 422 с.
8. Клячкин Я. Л. Сварка цветных металлов и их сплавов. – М. : Машиностроение, 1964. 335 с.
9. Короткова Г. М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов : монография. Тольятти : ТГУ, 2009. 335 с.
10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ, 2005. 35 с.

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

13. Патент № 2191665 РФ, МПК В 23 К 9/09 Способ сварки / Князьков А.Ф., Федько В.Т., Крампит А.Г. заяв. 28.11.2000; опубл. 27.10.2002, Бюл. 30.

14. Патент № 2332285 РФ, МКИ В23К9/16. Способ сварки в защитном газе с газодинамическим удалением слоя загрязнений из зоны сварки / Панус В. С., Брусянин Д. В., Фролов В. И. заяв. 05.04.2006; опубл. 27.08.2008, Бюл. 24.

15. Рязанцев В. И., Федосеев В. А., Манцев В. Н. Создание сварного кузова автомобиля из алюминиевых сплавов // Сварочное производство. № 11. 1999. С. 36–42.

16. 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.

17. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Ambriz R.R., Jaramillo D. Mechanical Behavior of Precipitation Hardened Aluminum Alloys Welds // InTech. 2014. Vol. 14. P. 35–58.

22. 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.

23. Stava E.K. New surface transfer tension process speeds pipe Welding // Pipe Line & Gas Industry. 1999. № 9. P. 55–57.

24. Yamamoto T., Ohji T., Miyasaka F., Tsuji Y. Mathematical modeling of metal active gas arc welding // Sci. and Technology of Welding & Joining. 2002. № 4. P. 260–264.