

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 Технология сварки деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов

Обучающийся

И.А. Григорьев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Э. Советкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при изготовлении деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов.

Выполнен анализ применяемых сплавов, для рассматриваемой в выпускной квалификационной работе предлагается использовать сплав АМгб. Сформулированы трудности при сварке, которые затрудняют проведение сварочных технологий и расширение области их использования.

На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать роботизированную точечную плазменную сварку. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области моделирования тепловых процессов при сварке.

Производительность труда повышается на 38 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 19 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 692 тыс. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по изготовлению деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварки деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов.	7
1.1 Описание конструкции типовой детали и особенностей её изготовления.	7
1.2 Особенности базовой технологии сборки и сварки узла.	12
1.3 Обоснование выбора материала для изготовления детали.	14
1.4 Обоснование выбора способа сварки.	18
1.5 Постановка задач	22
2 Построение проектной технологии точечной плазменной сварки	23
2.1 Оптимизация параметров режима сварки.	23
2.2 Описание сварочного оборудования.	30
2.3 Проектная технология сборки и сварки.	34
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	37
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	37
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	38
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	40
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	41
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	43
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	44
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	44
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	46

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	47
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	49
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	53
4.6 Показатели экономической эффективности.	55
Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников.	58

Введение

Применение алюминиевых сплавов в современном массовом производстве характеризуется ежегодным приростом, который составляет порядка 5...15 % [18]. При построении технологии производства и проектировании кузова автомобиля предъявляются серьёзные требования к эксплуатационным свойствам сварного кузова. В первую очередь, необходимо обеспечить высокую коррозионную стойкость, которая должна позволить эксплуатацию конструкции в течение длительного срока в условиях действия агрессивной среды автомобильной дороги. Также требуется получить в конструкции сочетание прочностных свойств и малого веса. Также желательно обеспечить соблюдение декоративных свойств конструкции.

В полной мере перечисленным, в значительной степени противоречивым, требованиям соответствуют именно алюминиевые сплавы, применение которых в автомобильной промышленности продолжает расширяться [6], [8]. Изготовление элементов кузова автомобиля из алюминиевых сплавов позволяет существенно снизить расход топлива и повысить динамические характеристики автомобиля. Кроме того, кузов автомобиля, который был выполнен из алюминиевых сплавов, более легко утилизировать, что позволяет соответствовать принятой мировой экологической повестке. Это обеспечивается высоким ресурсом алюминиевых сплавов с точки зрения вторичной переработки. Несмотря на перечисленные преимущества следует указать на трудности, которые существенно усложняют внедрение алюминиевых кузовов в массовом производстве автомобилей. В первую очередь, следует указать на высокую стоимость алюминиевых сплавов по сравнению с конструкционными сталями. Также следует принимать во внимание технологические трудности, возникающие при обработке деталей из алюминиевых сплавов. В том числе,

свои особенности и затруднения возникают при сварке деталей из алюминиевых сплавов.

При сварке деталей из алюминиевых сплавов приходится считаться с низкой производительностью, которая связана с увеличением длительности основных и вспомогательных операций. Производительность сварки также снижается вследствие необходимости обнаруживать и устранять значительное количество дефектов сварки. Ещё одним недостатком применения алюминиевых сплавов при изготовлении сварных конструкций является снижение прочности сварного соединения по сравнению с прочностью основного металла. Также при следует учитывать, что сварка деталей из алюминиевых сплавов в классическом варианте должна выполняться в нижнем положении. Наличие на поверхности свариваемых деталей и присадочной проволоки тугоплавких окислов приводит к необходимости предварительной очистки поверхности, применения источников тепла с высокой концентрацией энергии и дополнительных технологических приёмов по разрушению окисной пленки.

Расчет экономичности применения алюминиевых сплавов в конструкции автомобиля на разнице в их удельном весе по сравнению с традиционно используемыми сталями и чугунами. Так, если все детали из алюминиевых сплавов на различных марках автомобилей, выпускаемых, например, в США, свести к одной модели, то их общая масса составит 227 кг. А поскольку 1 кг алюминиевого сплава способен заменить 2,5 кг стали, то 227 кг алюминия могут заменить 667 кг стали, т.е. выигрыш в массе составит приблизительно 340 кг. По сравнению с «безалюминиевым» автомобилем такая замена уменьшила бы расход топлива на 30-40%. Однако такой переход потребует изменения технологии сварки и, возможно, замене способа сварки. Если в настоящее время применяется контактная точечная сварка, то в последствии будут применяться другие высокоэффективные способы.

Поставленная цель – повышение производительности и качества изготовления деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов.

1 Современное состояние сварки деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов

1.1 Описание конструкции типовой детали и особенностей её изготовления

Типовой деталью кузова легкового автомобиля следует признать лонжерон передний в сборе, конструкция которого представлена на рисунке 1. В базовом варианте сварной узел изготавливается из стали 08Ю и имеет массу 4,75 кг. В сварной узел включены следующие детали: лонжерон передний (обозначен позицией 1), соединитель лонжерона с полом (обозначен позицией 2), усилитель лонжерона (обозначен позицией 3), надстойка лонжерона (обозначена позицией 4), усилитель лонжерона (деталь 5), кронштейн крепления бампера (обозначен позицией 6) и проушина буксирная (обозначена позицией 7).

Для соединения элементов рассматриваемой конструкции применяется контактная точечная сварка и механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа. Всего на сварном узле выполняется 92 сварных точки и 4 сварных шва, как показано на рисунке 2. Толщина листовых деталей, из которых выполняется рассматриваемый сварной узел, составляет 1+2 мм, 1,5+2 мм и 2+3 мм. На рисунке 3 показаны размеры соединения при применении контактной точечной сварки. На рисунке 4 показаны размеры соединения при применении дуговой сварки.

При выполнении дуговой сварки происходит соединение толщин 1+2 мм при нахлесточном соединении и 1 мм + пруток при выполнении углового соединения.

Базовый технологический процесс предусматривает применение деталей из стали 08Ю, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 1. Сварка этой стали происходит без образования закалочных структур, а сама сталь относится к хорошо свариваемым.

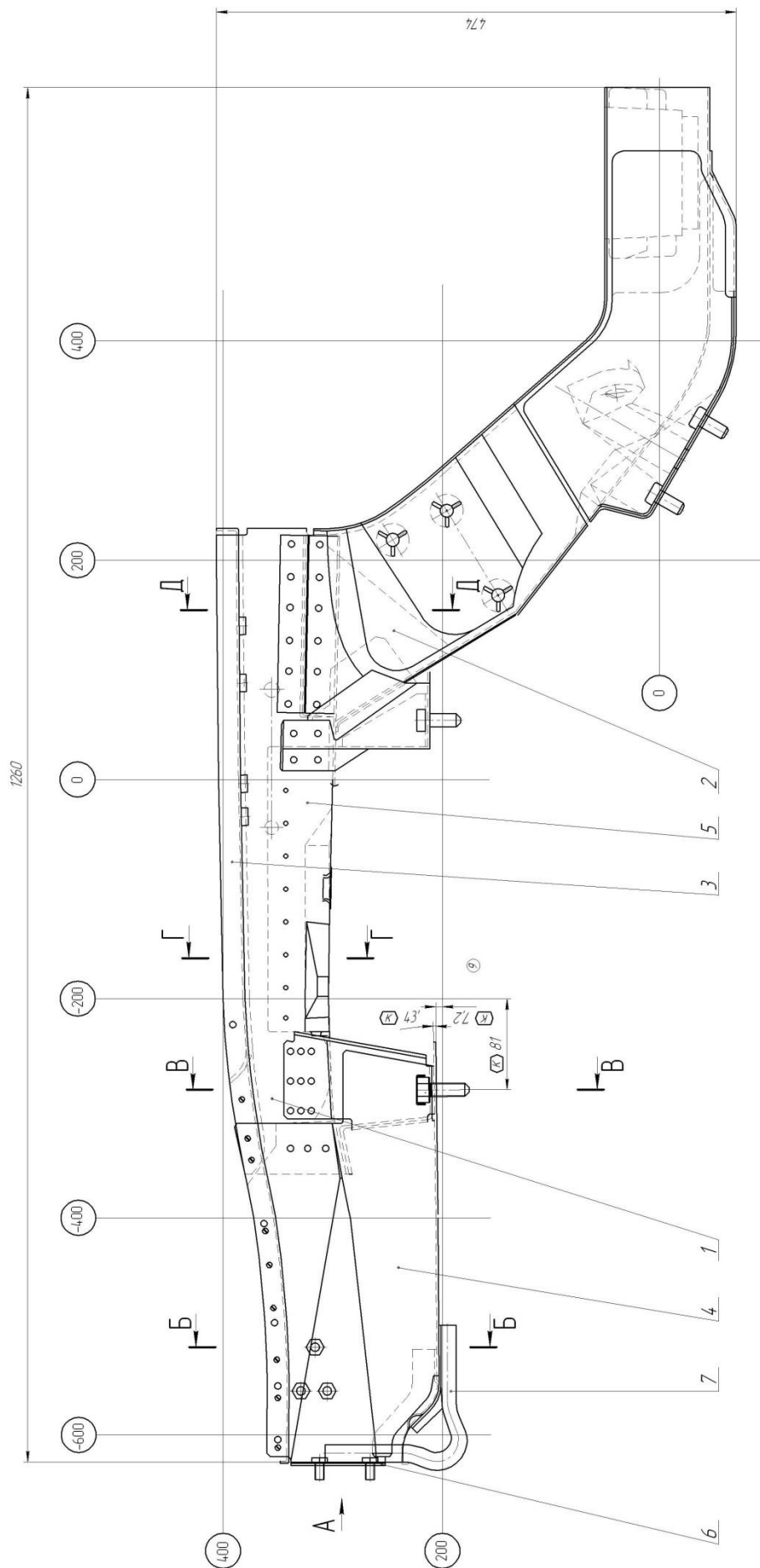


Рисунок 1 – Лонжерон передний в сборе

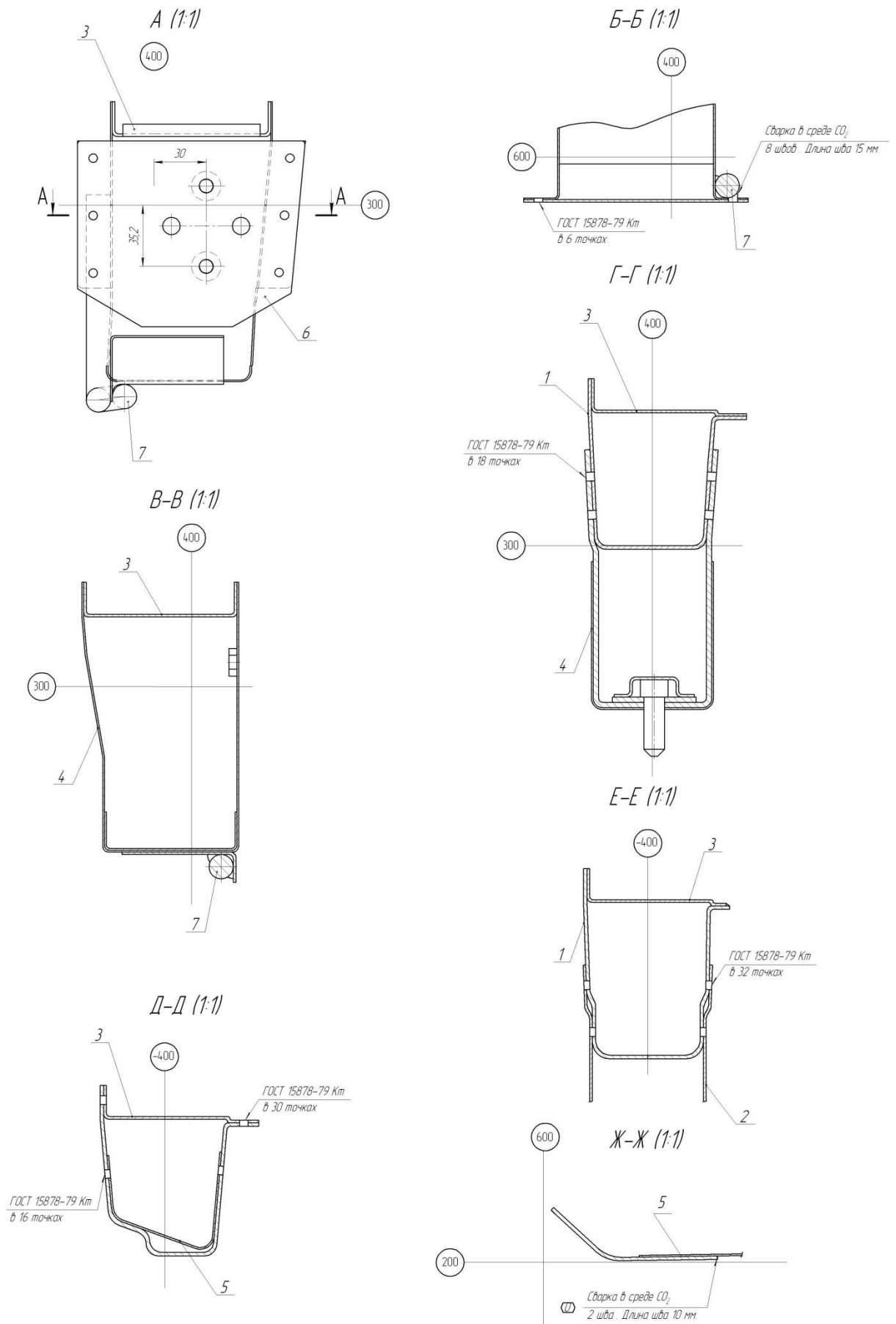


Рисунок 2 – Сечения сварного узла и места выполнения сварных соединений

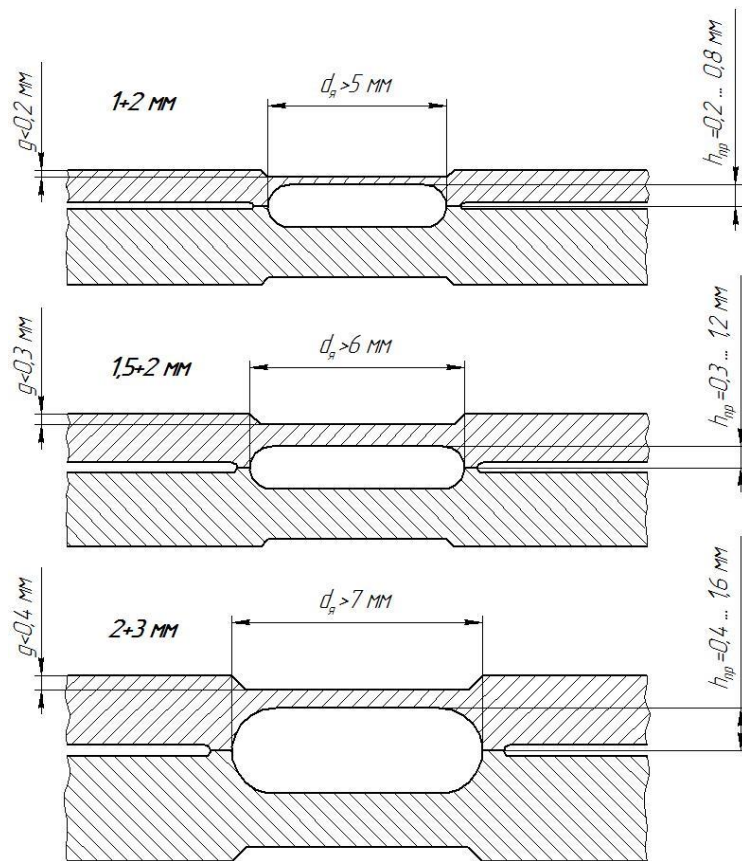


Рисунок 3 – Размеры соединения при применении контактной точечной сварки

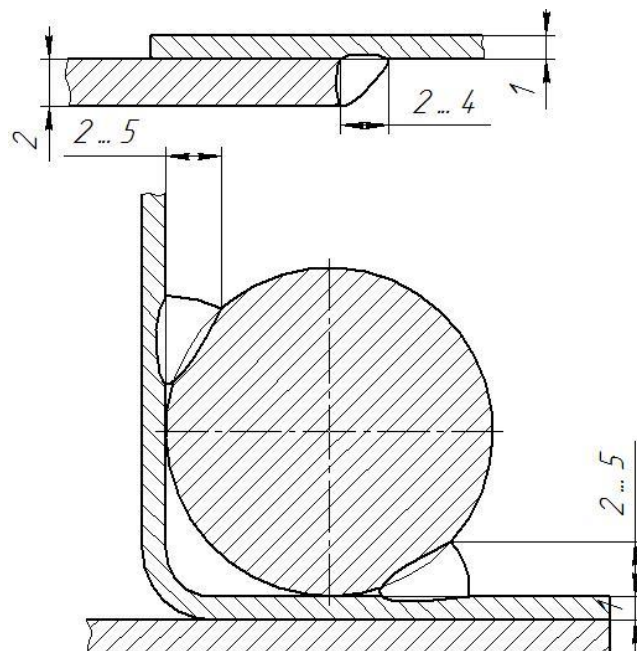


Рисунок 4 – Размеры сварного соединения при выполнении сварных швов с применением дуговой сварки

Таблица 1 - Содержание химических элементов в стали 08Ю [19]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Al	Cu
менее 0,07	менее 0,01	0,2...0,35	менее 0,06	менее 0,025	менее 0,02	менее 0,03	0,02...0,07	менее 0,06

Для изготовления буксирной проушины применяется сталь 08пс, которая получила широкое распространение при изготовлении металлических конструкций различного назначения. Сварка этой стали происходит без образования закалочных структур, а сама сталь относится к хорошо свариваемым.

1.2 Особенности базовой технологии сборки и сварки узла

При выполнении сборки и сварки рассматриваемого узла по базовой технологии применяется контактная точечная сварка и дуговая механизированная сварка в защитных газах. Заготовки укладывают в ложементы сборочного приспособления, фиксируют их при помощи пневматических прижимов. После установки заготовок и их фиксации визуально проверяют правильность установки деталей. Далее выполняют простановку сварных точек в количестве 92 штук. Сварку ведут подвесными сварочными клещами, инвентарный номер которых 854-0873-4076 для повернутых клещей и 854-0873-4054 для прямых клещей. Для питания привода сжатия сварочных клещей используется сжатый воздух, поступающий из магистрали под давлением 6 атм. и проходящий подготовку в блоке подготовки воздуха. Блок подготовки воздуха состоит из фильтра-влажнителя, редукционного клапана и маслораспылителя. Питание электрических частей сварочных клещей происходит от трансформатора ТК-5001, параметры которого представлены в таблице 2. Параметры режима контактной точечной с применением подвесных сварочных клещей в зависимости от толщины свариваемых материалов представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Параметры сварочного трансформатора ТК-501

Мощность при ПВ=50 %	Пределы регулирования вторичного напряжения	Длительный ток вторичной обмотки	Ток вторичной обмотки при ПВ=50%	Число ступеней регулирования	Масса
кВА	В	А	А	шт	кг
180	9,6...14,0	4550	12800	4	270

Таблица 3 – Параметры режима контактной точечной сварки в зависимости от толщины свариваемых деталей

Толщина, мм	Ток сварки, А	Усилие сварки, Н	Время сварки, с
1+2	8500...9500	2500...3000	0,12...0,16
1,5+2	11000...12000	4000...5000	0,16...0,22
2+3	11000...13000	6000...7000	0,18...0,24

При проверке качества соединений, выполненных с применением контактной точечной сварки, первоначально визуально убеждаются в наличии сварных точек, которые должны быть расположены в местах согласно требованиям чертежа. На каждом сотом изделии с применением молотка массой 0,5 кг и зубила выполняют надрыв сварной точки. Надрыв должен происходить по основному металлу, при этом диаметр сварной точки должен быть не менее заданного. В этом случае деталь признают годной, надрыв рихтуют, и деталь отправляют для дальнейшей работы. В случае возникновения среза сварной точки сварку следует признать негодной, а всю партию деталей следует подвергнуть пере проверке. По результатам контроля качества контактной точечной сварки следует принимать решение о коррекции параметров режима сварки в сторону повышения сварочного тока и длительности его протекания.

Для дуговой сварки применяется полуавтомат Origo MIG C240, который представлен на рисунке 5. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Параметры режима сварки приведены в таблице 4. Технические характеристики полуавтомата Origo MIG C240 приведены в таблице 5.



Рисунок 5 – Полуавтомат Origo MIG C240

Таблица 4 – Параметры режима дуговой сварки

	Диаметр проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
Нахлесточное соединение 1+2 мм	1	140...150	18...20	50...60	8...11	6...8
Угловое соединение	0,8	90...110	17...19	40...50	8...10	6...7

Таблица 5 – Технические характеристики полуавтомата Origo MIG C240

Питание от сети переменного тока (В/Гц)	400...415 50/60; 230/50-60
Максимальный ток при ПВ 30% (А)	240
Максимсимальный ток при ПВ 60% (А)	170
Максимальный ток при ПВ 100% (А)	130
Скорость подачи проволоки (м/мин)	1,9-19
Интервал / точечная сварка nterval/spot welding	0,2-2,5
Напряжение холостого хода (В)	14-32
Масса (кг)	103

Для выполнения дуговой механизированной сварки применяется проволока ОК Aristorod 12.63. «Это полированная проволока для сварки углеродистых и низколегированных сталей как в смеси аргона и углекислого газа, так и чистом углекислом газе. Высокая чистота поверхности проволоки, ее качественная намотка на катушки, стабильный калибр ее по всей длине в сочетании с низким содержанием вредных серы и фосфора обеспечивают стабильное горение проволоки с минимальным разбрызгиванием и высокое качество шва. Отсутствие омеднения позволяет избежать засорения

проволокопровода, увеличивает срок службы горелки. Проволока широко применяется в судостроении, производстве металлоконструкций, машиностроении» [10].

1.3 Обоснование выбора материала для изготовления детали

Одним из вариантов замены материала для изготовления кузова автомобиля следует признать применение проката из стали повышенной прочности. Применение сталей повышенной прочности позволяет на десятки процентов уменьшить массу деталей кузова без потери прочностных свойств. Так, при повышении прочности стали, из которой выполняются элементы кузова, на 30...50 % можно ожидать снижения массы листовых деталей на 6...15 % применительно к уже изготавливаемым и на 25 % для заново проектируемых деталей. Примером сталей для изготовления проката повышенной прочности являются такие стали, как 09ХСНД, 12ГС, 16ГС.

Для снижения массы кузова автомобиля широкое все более широкое применение начинают получать алюминиевые сплавы. Высокая стоимость алюминиевых сплавов и трудности их обрабатываемости играют менее существенную роль применительно к массовому производству, которое позволяет использовать самые перспективные способы обработки с минимальным удельными затратами. Как показывает практика изготовления кузовных деталей, применение алюминиевых сплавов позволяет уменьшить массу автомобиля на 20...25 %. Также следует принять во внимание, что на автомобилях с электрическим приводом на 30...33 % увеличивается пробег на одной зарядке аккумуляторной батареи.

В таблице 6 представлены типы сварных соединений, которые могут быть применены при изготовлении деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов [16]. В рамках настоящей выпускной квалификационной работы рассмотрим применение АМц, АМг6 и АД33, свойства которых представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Сварные соединения, способы сварки и материалы, которые нашли применение при изготовлении деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов

Элемент конструкции	Сплав	Толщина, мм	Основной тип соединения	Способ сварки
«Крылья передние и задние»	АМг2, 1523	1,0...2,5		Контактная точечная, дуговая
Двери	АМг2, АД37, АМг4, 1523, 1535	1,0...2,0		Точечная дуговая, аргонодуговая
Капоты, крыши	АМг2, АМг4, АД37, 1523, 1535	1,0...2,5		Точечная дуговая, аргонодуговая
Топливный бак	АМг2, АМг4, АМг6, 1523	1,5...2,5		Точечная дуговая, ручная дуговая, автоматическая аргонодуговая
Система выхлопа газов	1419, 1151, САП	1,2...1,8		Точечная дуговая, ручная дуговая, автоматическая аргонодуговая
Силовые элементы, лонжероны, бампер» [16]	АМг4, АМг6, АД37, 1535, 1545, 1570	1,5...3,0		Точечная дуговая, ручная дуговая, автоматическая аргонодуговая

Таблица 7 – Свойства рассматриваемых для изготовления деталей кузова автомобиля алюминиевых сплавов

«Сплав	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Коррозионная стойкость
АМц	135	50	23	Высокая
АМг6М	340	180	20	Средняя
АД31	285	225	14	Высокая» [16]

Материал для изготовления кузова автомобиля должен обладать высокой удельной прочностью, которая определяется как отношение предела прочности к удельному весу. Также материал должен быть пластичен и обладать высоким сопротивлением хрупкому разрушению. Сплав должен обладать высокой коррозионной стойкостью. Поскольку кузов автомобиля изготавливается с применением сварочных технологий, то сплав должен

иметь хорошую свариваемость. Получаемые сварные соединения должны иметь высокую прочность и надёжность при работе в условиях нагружения. Сплав должен позволять проводить обработку с применением различных технологических процессов: штамповки, резки, гибки, правки и т.д. Сплав должен обладать отсутствием искрообразования.

Сплав АМц относится к деформируемым сплавам системы «алюминий-марганец», следует отметить высокую коррозионную стойкость этого сплава и хорошую свариваемость. Листовые заготовки из этого сплава могут выполнены с высокой точностью, так как сплав обладает хорошей деформируемостью как в горячем, так и в холодном состоянии. Сплав АМц не упрочняется с применением термической обработки.

Сплав АД31 относится к сплавам системы «алюминий-магний-кремний» и имеет высокую пластичность. Также следует отметить высокую коррозионную стойкость сплава, которая при сварке не снижается. Сплав может быть упрочнён в ходе проведения термической обработки. Прочность сплава АД31 в отожженном состоянии составляет 10...12 кгс/мм², при этом проведение закалки и естественного старения позволяет повысить прочность проката до 18...20 кгс/мм². Проведение термической обработки практически не влияет на пластические свойства сплава, которые снижаются лишь на 15...20 %. Ещё более значительное повышение прочностных свойств происходит при искусственном старении сплава АД31 при температуре 160...190 °С. В этом случае можно ожидать повышения прочности до 27...30 кгс/мм², но такая термическая обработка вызывает существенное снижение пластических свойств сплава.

Сплав АМгб относится к системе «алюминий-магний-марганец» и обладает высокими пластическими характеристиками. Также следует отметить высокую коррозионную стойкость сплава АМгб, которая сохраняется и в морской воде. Сплав обладает хорошей свариваемостью. Следует отметить, что механическая деформация сплава при штамповке

вызывает повышение предела текучести сплава, при этом относительное удлинение сплава практически не уменьшается.

Для изготовления рассматриваемых в настоящей выпускной квалификационной работе узлов кузова автомобиля применим сплав АМгб, состав которого представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Содержание химических элементов в сплаве АМгб

Al	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Ti
основа	до 0,1	5,8...6,8	0,5...0,8	до 0,4	до 0,4	до 0,2	0,01...0,1

Добавки меди позволяют повысить пластичность сплава, но при этом следует учитывать снижение коррозионной стойкости.

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 повышения содержания в сплаве кремния уменьшается литейная усадка. При 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 добавки железа в алюминиевый сплав повышается его прочность.

При выполнении сварных конструкций из алюминиевых сплавов самое широкое применение нашла дуговая сварка, выполнение которой применительно к алюминиевым сплавам встречает значительные трудности, которые не решены до настоящего времени [13], [14], [20]. Эти трудности проистекают из особенностей свойств алюминиевых сплавов по сравнению с другими конструкционными материалами. Из-за действия этих трудностей при сварке конструкций из алюминиевых сплавов прочность сварного соединения не достигает прочности основного металла и составляет всего 60...70 % от прочности основного металла.

1.4 Обоснование выбора способа сварки

На рисунке 6 представлена схема выполнения контактной точечной сварки, которая получила наиболее широкое применение при изготовлении деталей из алюминиевых сплавов. Сборка деталей (обозначены позицией 1) под сварку происходит внахлестку. Детали сжимают между сварочными электродами (обозначены позицией 2) с приложением сварочного усилия $F_{св}$. В сварочном трансформаторе (обозначен позицией 3) генерируется сварочный ток $I_{св}$, который поступает к свариваемым деталям через токоведущие элементы вторичного контура и сварочные электроды. Под действием сварочного тока и сварочного усилия происходит локальное расплавление свариваемых деталей с образованием ядра сварной точки (обозначено позицией 4). Вытеканию расплавленного металла из ядра сварной точки препятствует уплотняющий поясок (обозначен позицией 5).

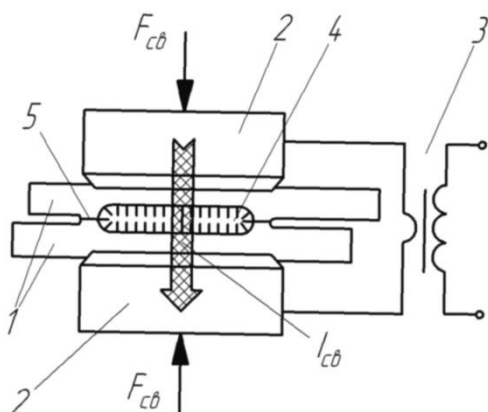
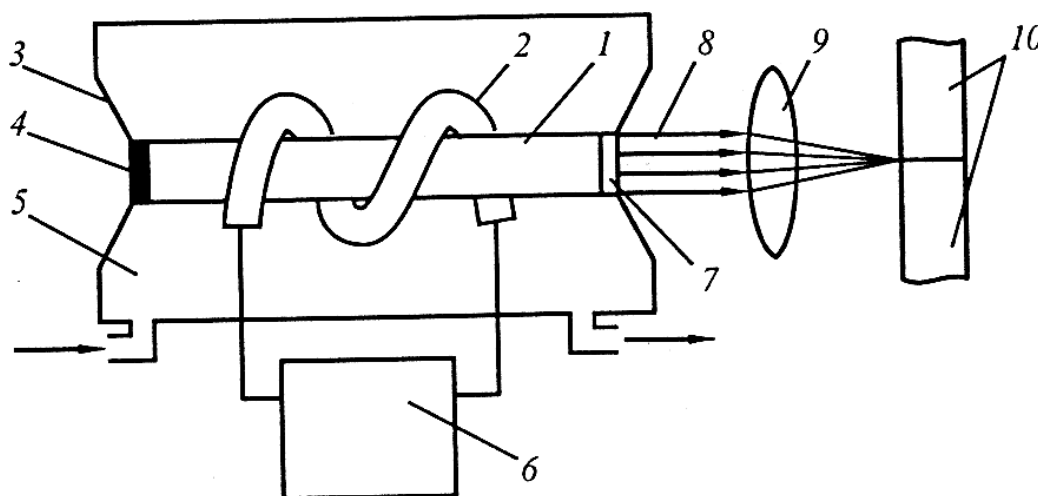


Рисунок 6 – Схема выполнения контактной точечной сварки

В качестве недостатков контактной точечной сварки применительно к деталям из алюминиевых сплавов следует отметить необходимость многократного повышения мощности сварочного оборудования по сравнению со сваркой аналогичных деталей из низкоуглеродистых сталей. Кроме того, контактная точечная сварка алюминиевых сплавов сопряжена с необходимостью устранения множественных недостатков сварного соединения (поры, неметаллические включения, трещины).

На рисунке 7 представлена схема лазерной сварки. Твердотельный лазер в качестве активной среды предусматривает применение розового рубина. При облучении рубина происходит накопление в нем энергии, которая отдаётся порциями в виде когерентного светового излучения. Преимуществами лазерной сварки является высокая производительность, которая в несколько раз превышает производительность традиционных способов сварки, высокая степень очистки зоны сварки от окисных плёнок и малая зона термического влияния.



- 1 - рубиновый стержень; 2 - генератор накачки; 3 - отражатель; 4- непрозрачное зеркало; 5 - охлаждающая среда; 6 - источник питания; 7- полупрозрачное зеркало; 8 - световой луч; 9 - фокусирующая линза; 10 - обрабатываемые детали

Рисунок 7 – Схема выполнения сварки с применением твердотельного лазера

На рисунке 8 представлена схема выполнения сварного соединения электрозаклепками, которая нашла широкое применение при изготовлении листовых деталей. При сварке электрозаклепками могут быть применены такие способы, как сварка неплавящимся электродом, сварка проволокой сплошного сечения и сварка порошковой проволокой.

Преимуществами сварки электрозаклепками является простота применяемого оборудования в сочетании с высоким качеством и производительностью сварки. За счёт дугового процесса обеспечивается интенсивное разрушение окисной пленки на поверхности деталей.

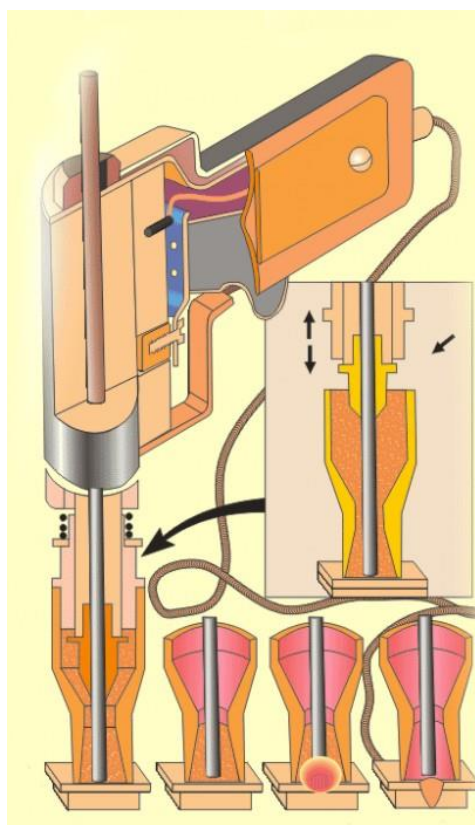
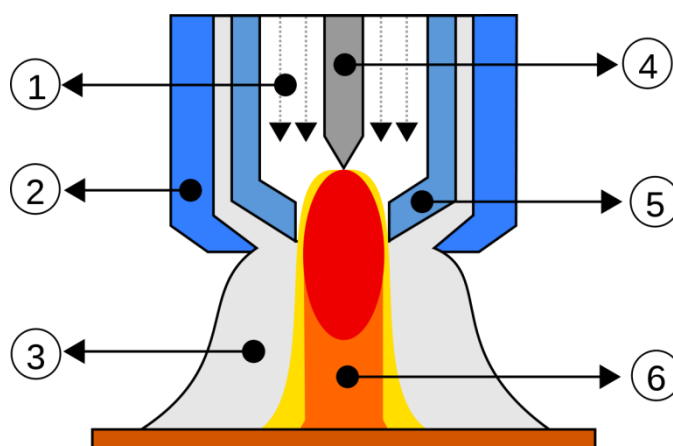


Рисунок 8 – Схема выполнения сварного соединения электродклёпками

На рисунке 9 представлена схема выполнения плазменной 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.

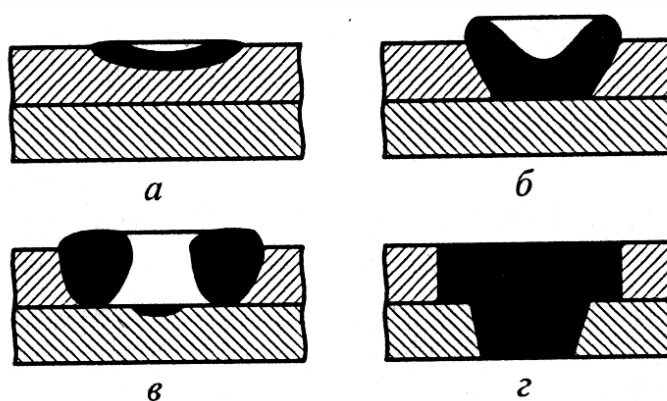


1 – плазмообразующий газ, 2 – защитное сопло, 3 – защитный газ, 4 – неплавящийся электрод, 5 – плазмообразующее сопло, 6 – сжатая дуга

Рисунок 9 – Схема плазменной сварки

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.

На рисунке 10 представлена схема формирования соединения при точечной плазменной сварке, в качестве источника нагрева при которой применяется трехфазная сжатая дуга. На первой стадии процесса, которая показана на рисунке 10-а, происходит формирование сварочной ванны на верхней детали. На второй стадии, которая показана на рисунке 10-б, происходит увеличение сварочной ванны, которая под действием давления сжатой дуги продавливается, формируя тор. Активное пятно дуги переходит на поверхность нижнего листа, что можно отследить по повышению напряжения на дуге. На третьем этапе, который показан на рисунке 10-в, происходит расплавление второго листа. На четвертом этапе, который показан на рисунке 10-г, вследствие роста сварочной ванны на второй детали происходит её слияние со сварочной ванной на верхней детали, в результате чего отверстие закрывается.



- а) начало процесса; б) выдавливание металла сварочной ванны;
- в) образование отверстия в верхней и начало оплавления нижней детали;
- г) сформированная сварная точка

Рисунок 10 – Схема формирования соединения при точечной плазменной сварке с применением в качестве источника нагрева трехфазной сжатой дуги

Сварка с применением точечной плазменной сварки характеризуется высокой стабильностью диаметра проплавления и возможностью регулировать его в достаточно широких пределах. За счёт полного разрушения и удавления окисной пленки из места сварки обеспечивается высокая стабильность качества сварочного соединения. Характерные скачки напряжения на этапах формирования сварочной ванны позволяют эффективно управлять процессом формирования сварного соединения.

1.5 Постановка задач

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварки деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов. На основании анализа состояния вопроса сформулированы задачи выпускной квалификационной работы.

Первая задача заключается в повышении эффективности процесса точечной плазменной сварки листовых деталей из алюминиевых сплавов за счёт оптимизации выбора параметров режима сварки.

Вторая задача заключается в построении проектного технологического процесса с указанием операций и параметров обработки.

Третья задача заключается в планировке роботизированного технологического комплекса для сборки и сварки деталей.

В оценочном блоке следует выполнить оценку 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]. Также предстоит следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых решений [4], [5].

2 Построение проектной технологии точечной плазменной сварки

2.1 Оптимизация параметров режима сварки

При точечной плазменной сварке основными параметрами режима являются ток дуги I_d , расход плазмообразующего газа Q_p , расстояние от детали до сопла плазматрона l_0 . Также в качестве дополнительных параметров, оказывающих существенное влияние на протекание процесса формирования соединения следует отметить диаметр сопла плазматрона d_c и длину сопла плазматрона l_c . Поскольку при сжатии дуги стенками сопла плазматрона происходит повышение плотности тока и напряженности электрического поля, напряжение сжатой дуги выше, чем напряжение свободно горящей дуги.

Сила сварочного тока при использовании сжатой дуги может изменяться в очень широком диапазоне 3...400 А. Напряжение дуги составляет 25...35 В. Расход аргона при сварке сжатой дугой выше, чем при сварке свободной дугой, в несколько раз. Высокие технологические свойства сжатой дуги позволяют выполнять сварку деталей в широком диапазоне толщин, равном 0,1...16 мм при соотношении толщин свариваемых деталей до 1:3.

На основании исследований [3], [11], [12] формирование сварного соединения при точечной плазменной сварке может быть описано в виде последовательного перехода через несколько этапов. На первом этапе происходит нагрев и начало образование сварочной ванны на поверхности первой детали, как показано на рисунке 11. На втором этапе происходит полное расплавление верхней детали по всей её толщине, как показано на рисунке 12. Под давлением сжатой дуги происходит вытеснение расплавленного металла сварочной ванны по краям, а сама сварочная ванна углубляется в толщину первой детали. Этот третий этап показан на рисунке 13. На четвёртом этапе наблюдается полное вытеснение расплавленного

металла сварочной ванны по краям ванны, расплавленный металл принимает форму тора, а сварочная дуга начинает нагрев и плавление второй детали. Этот этап показан на рисунке 14. По мере продолжающегося нагрева сжатой дугой происходит плавление нижней детали, расплавленный металл нижней детали объединяется с расплавленным металлом верхней детали, что показано на рисунке 15, где D_v и D_n – верхний и нижний диаметры ванны.

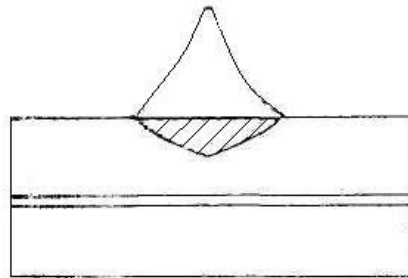


Рисунок 11 – Начало плавления первой детали

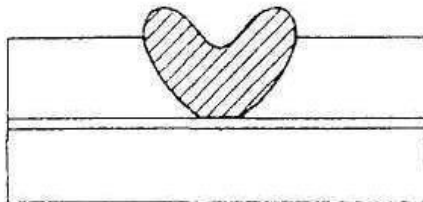


Рисунок 12 – Полное проплавление первой детали

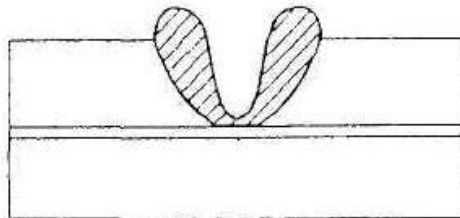


Рисунок 13 – Продавливание расплавленного металла

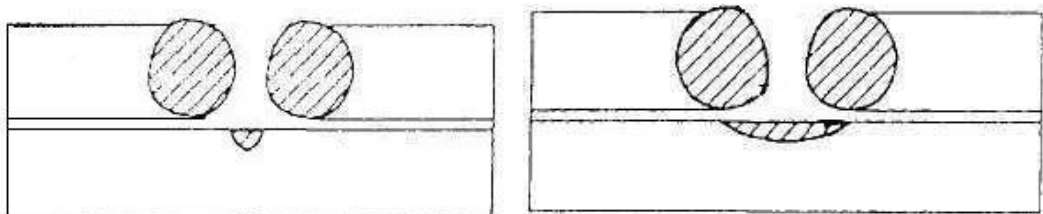


Рисунок 14 – Начало плавления второй детали

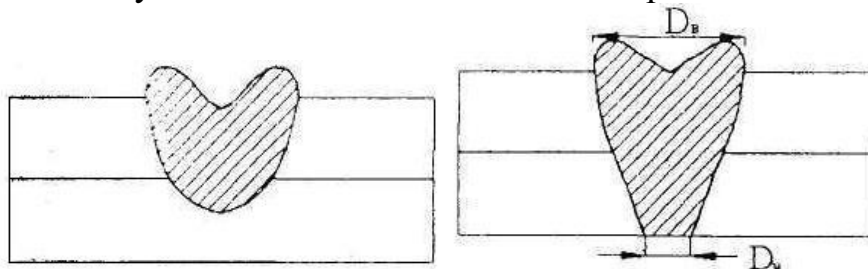


Рисунок 15 – Формирование общей сварочной ванны

Для обеспечения стального качества сварного соединения при точечной плазменной сварке требуется обеспечить выбор оптимальных параметров режима, назначение которых следует вести с применением математического моделирования тепловых процессов при сварке.

Открытая дуга имеет сравнительно невысокую концентрацию энергии и чувствительна к изменению своей длины. При точечной сварке в качестве источника тепла целесообразно использовать сжатую трехфазную дугу, имеющую ряд: важных преимуществ. К ним относятся высокая устойчивость горения такой дуги, легкость ее возбуждения на изделии благодаря постоянно горящей вспомогательной межэлектродной дуге, высокие мощность и концентрация тепловой энергии, интенсивное силовое воздействие сварочную ванну.

В изготавливаемых конструкциях многие сварные точки должны быть выполнены у края сварного соединения. В этом случае могут существенно изменяться условия теплоотвода по сравнению со случаем, когда сварная точка расположена в центре листов значительных размеров. Поэтому при разработке технологии точечной сварки необходимо учитывать особенности протекания процесса на краю листа.

Теоретические исследования позволили получить важные сведения о тепловых процессах протекающих в условиях сварки вблизи края соединения. Средний диаметр точки, определяющий прочность соединения, с достаточной для практики точностью можно рассчитать, используя схему линейного источника тепла, распространяющегося в пластине.

Для учета влияния ограниченности размеров пластины используют термодинамические уравнения, описывающие распространение тепла. С приближением источника тепла к краю пластины температура в участках, расположенных между источником тепла и краем пластины, значительно возрастает. Этому способствует и высокая теплопроводность алюминиевых сплавов. Поэтому можно предположить, что в этих участках размеры сварной точки будут увеличиваться, а ее форма может изменяться по

сравнению с расчетной. Однако характер зависимостей выражающих эти явления, трудно представить без дополнительных расчетов.

С целью проведения расчетов по схеме с использованием фиктивного источника тепла была представлена программа для персональной ЭВМ на языке БЕЙСИК. Расчет температур от каждого источника проводился по известной формуле для случая линейного источника тепла. Программа позволяет рассчитывать изменение температуры вдоль радиуса, расположенного под любым произвольным углом альфа к линии, соединяющей действующий и фиктивный источники тепла. Таким образом получали радиальное распределение температур, которое представлено на рисунке 16. Проводя линию, параллельную оси абсцисс с ординатой $T=T_1$ (T_1 - температура плавления алюминия) до пересечения с кривыми, получали значения радиусов r_1 , определяющих границы сварной точки. По значениям r_1 строили очертания сварочной ванны, которые представлены на рисунке 17.

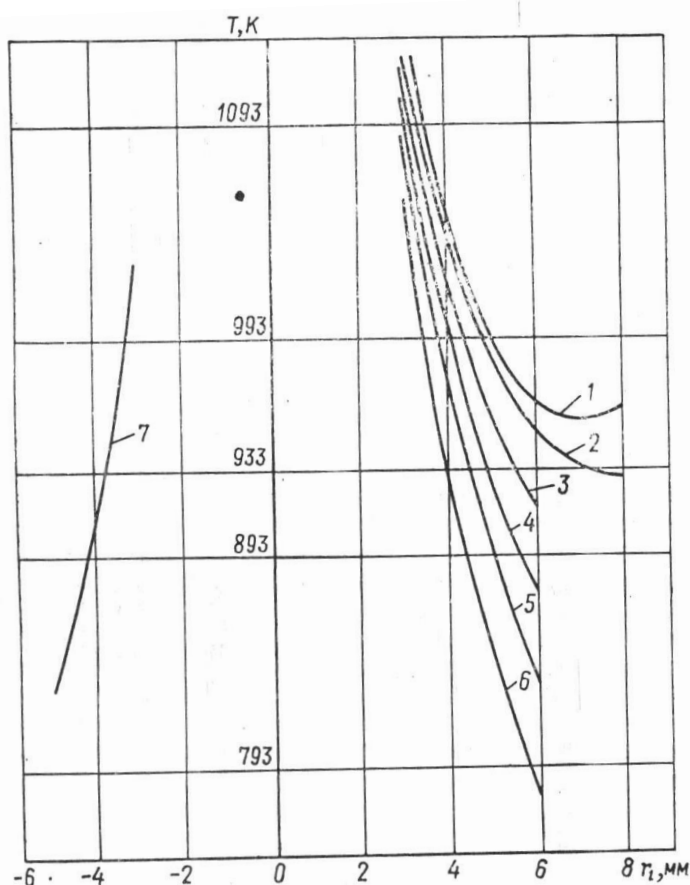


Рисунок 16 – Радиальное распределение температуры при различных углах α ориентации радиусов: 1 – 0° ; 2 – 15° ; 3 – 30° ; 4 – 45° ; 5 – 60° ; 6 – 90° ; 7 – 180°

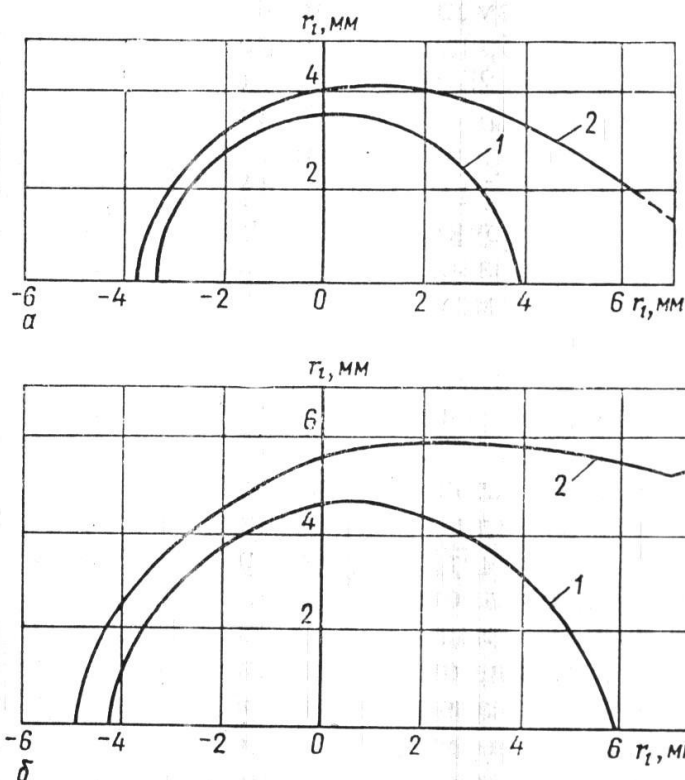


Рисунок 17 - Изотермы сварочной ванны при различных расстояниях от края пластины: а – продолжительность сварки 2 с; б – 3 с; 1 – расстояние от края пластины 10 мм; 2 – 7 мм

Предварительную оценку температурного поля при сварке выполняли с применением метода источников тепла. Свариваемые детали представили в виде бесконечной пластины, сварочную дугу моделировали линейным источником тепла [9], [17]. Нагрев от источника тепла происходит в течение времени $t_{св}$. Применение принципа суперпозиции тепловых полей позволяет задать суммарное температурное поле в виде набора составляющих его элементарных температур dT , которые были получены в результате действия элементарных источников тепла на промежутке времени $0 \dots t_{св}$:

$$dT = \frac{qdt}{\delta c\rho(4\pi at)} e^{-\frac{r^2}{4at}}, \quad (1)$$

где « q – мощность источника тепла, Вт;

δ - толщина нагреваемого тела (двойная толщина пластины), см;

a – коэффициент температуропроводности, $a=1 \text{ см}^2/\text{с}$;

$c\rho$ – удельная теплоёмкость, $c\rho=2,7 \text{ Дж}/\text{см}^3 \cdot \text{°C}$;

t – время, прошедшее после действия источника тепла, с;

r – расстояние от источника тепла, см» [19].

Тогда закон распределения тепла в нагреваемой пластине будет выражаться зависимостью:

$$T = \int_0^{t_{св}} \frac{q dt}{\delta_{ср}(4\pi at)} e^{-\frac{r^2}{4at}}, \quad (2)$$

где $t_{св}$ – время сварки, с.

Мощность q линейного источника тепла определим из тока дуги $I_{д}$ и напряжения на дуге $U_{д}$:

$$q = \eta \cdot I_{д} \cdot U_{д}, \quad (3)$$

где η - эффективный КПД сварки ($\eta=0,8$).

Расчетная схема моделирования представлена на рисунке 18.

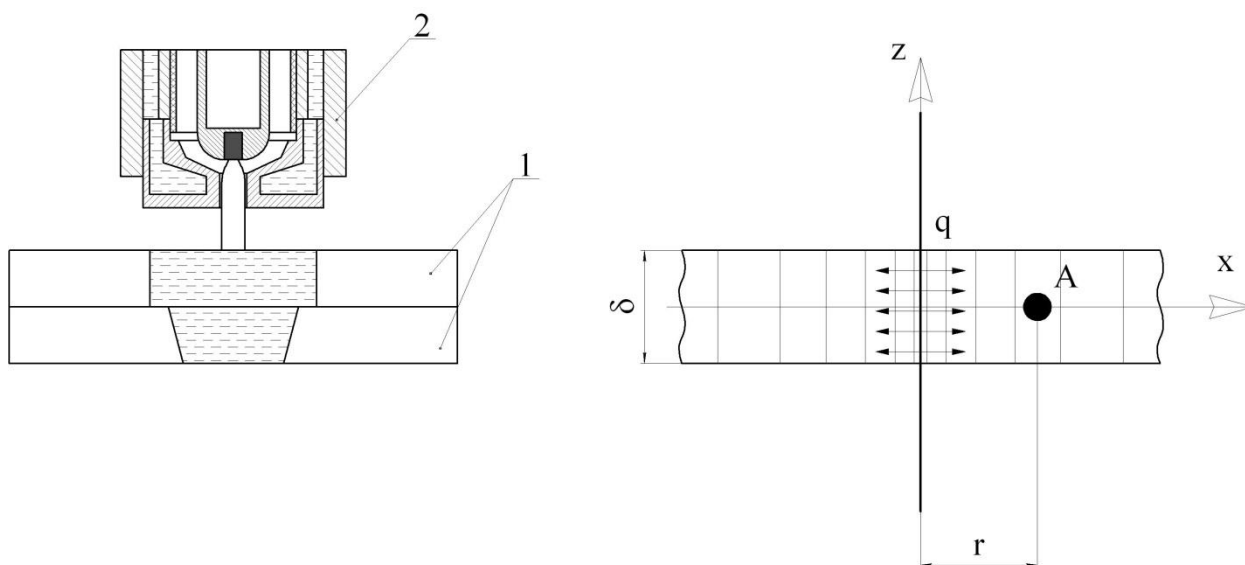


Рисунок 18 – Схема моделирования тепловых процессов при точеной плазменной сварке

При сварке толщин 2+2 мм диаметр сварной точки должен составлять не менее 7 мм (радиус 3,5 мм), толщин 3+3 мм – не менее 9 мм (радиус 4,5 мм). С использованием формулы (3) были рассчитаны температуры на расстоянии 3,5 мм для толщины 2+2 мм и 4,5 мм для толщины 3+3 мм при различных значениях времени сварки $t_{св}$ и эффективной мощности q сварки, как показано на рисунке 19 и рисунке 20

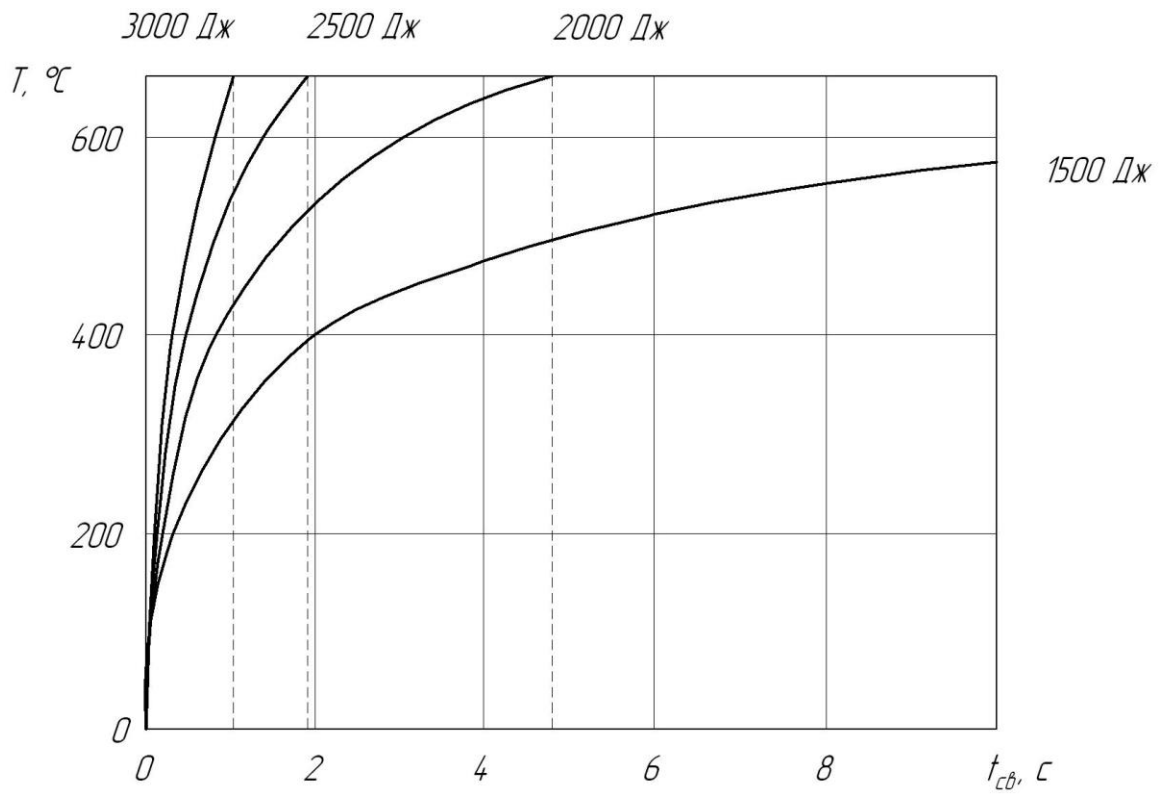


Рисунок 19 – Температура на расстоянии 3,5 мм от оси точки для толщины 2+2 мм при различной эффективной мощности дуги

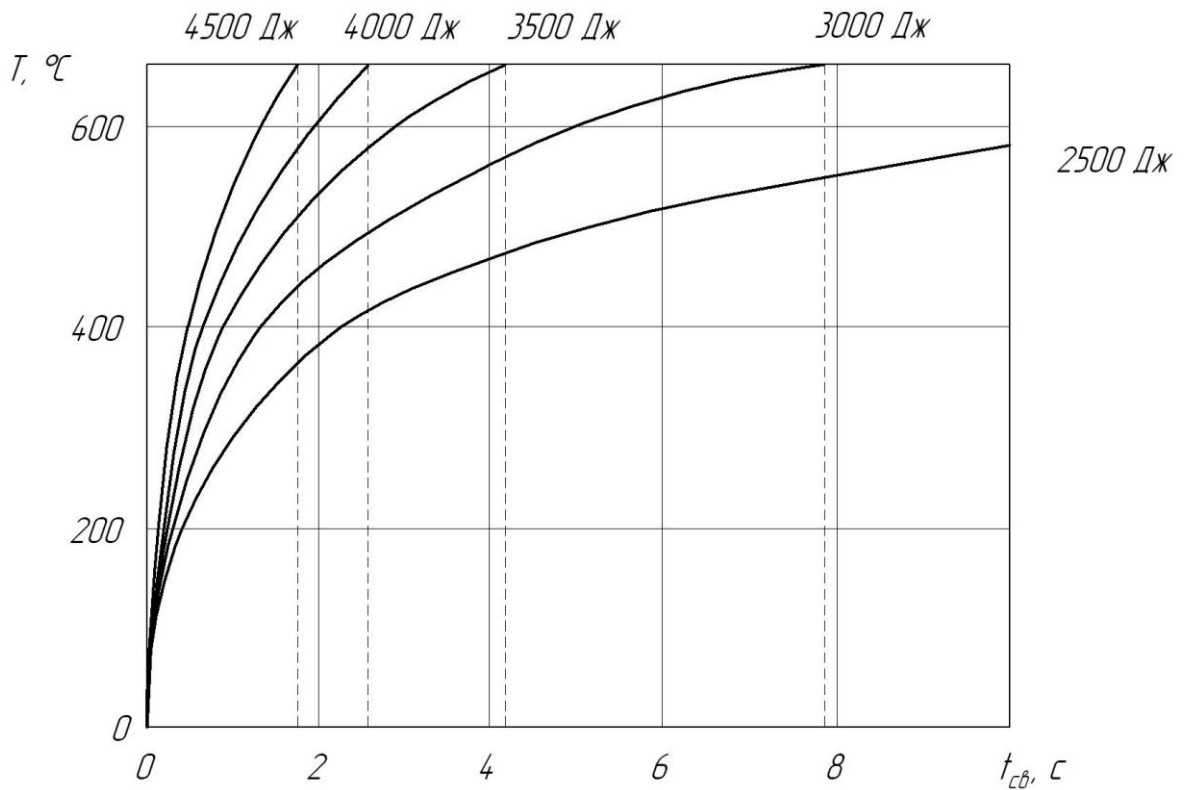


Рисунок 20 – Температура на расстоянии 4,5 мм от оси точки для толщины 3+3 мм при различной эффективной мощности дуги

Для случая сварки алюминиевых сплавов предельная температура в может быть принята 660 °С. Внутри окружности с радиусом, равным минимально допустимому диаметру сварочной ванны температура точек должна быть выше предельной температуры. Расчётные параметры теплового действия сжатой дуги при сварке деталей различной толщины представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры теплового воздействия дуги

	2000 Дж	2500 Дж	3000 Дж	3500 Дж	4000 Дж	4500 Дж
2+2 мм	4,5 с	2 с	1 с	-	-	-
3+3 мм	-	-	8 с	4 с	2,5 с	2 с

Полученные данные хорошо сочетаются с ранее представленными в других работах экспериментальными данными [7], [15].

2.2 Описание сварочного оборудования

Чтобы получить плазменные дуги, существуют специальные источники питания постоянного тока с падающей вольт-амперной характеристикой и высоким напряжением холостого хода (330-380 В). Схема предлагаемого источника питания, которая представлена на рисунке 21, работает следующим образом. К трёхфазной сети переменного подключен трёхфазный выпрямитель. В режиме холостого хода сварочного трансформатора тиристоры VS1 и VS2 выключены, и ток через изделие и плазматрон не проходит. Кратковременное включение генератора высокой частоты ГВЧ приводит к включению реле K1. Включение реле K1 приводит к замыканию контактов 1-2, в результате чего на тиристор VS1 подаётся поджигающий импульс, и тиристор включается. Между изделием и соплом плазмотрона загорается дежурная дуга, ток которой ограничен резистором R4. Одновременно с этим происходит включение контактов 3-4, в результате

чего через оптронную пару VU1 происходит подача поджигающего импульса на тиристор VS2. При этом ветвь тиристора VS1 шунтируется, и он гаснет.

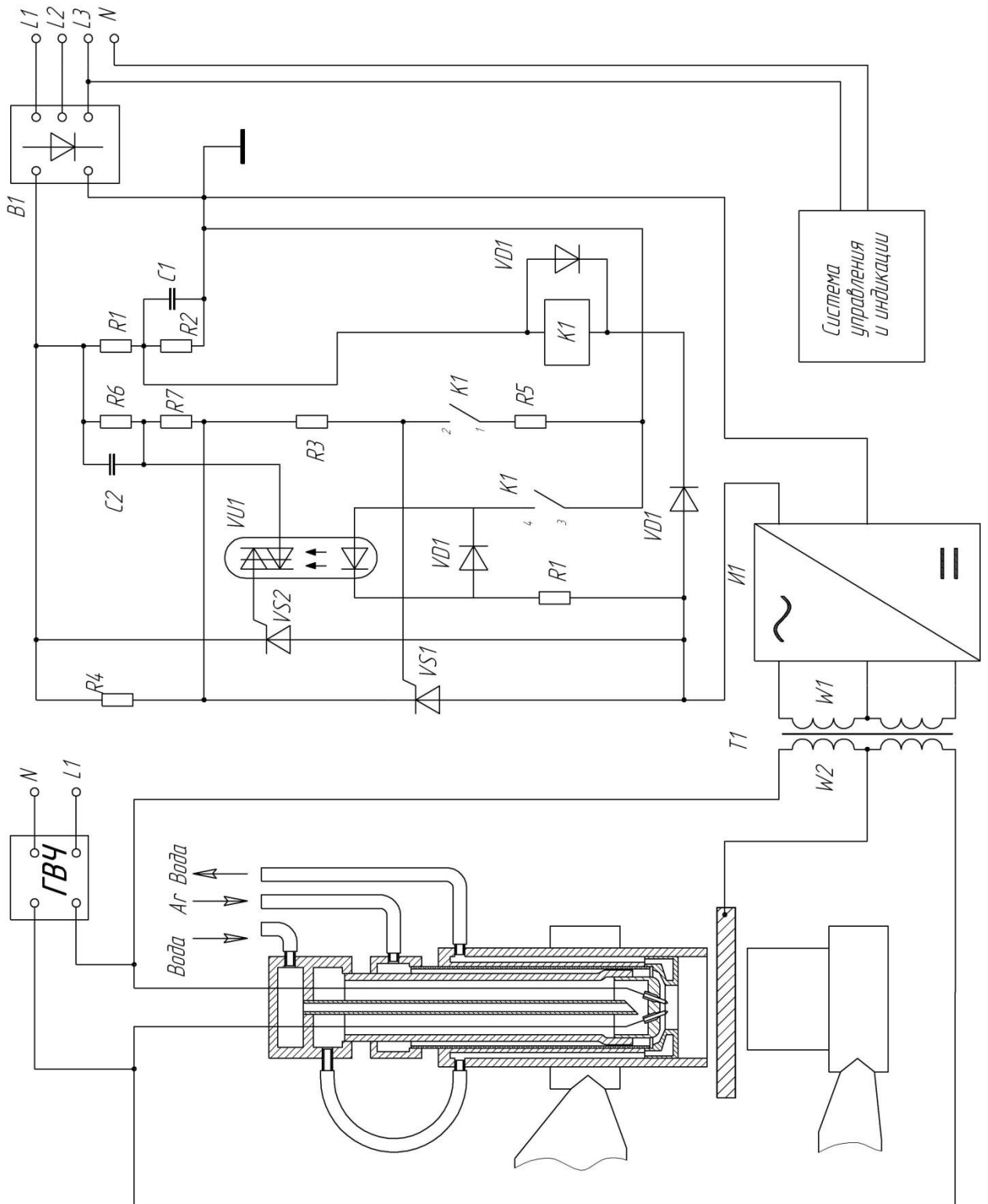


Рисунок 21 – Схема источника питания плазматрона

Далее между катодом плазмотрона и изделием горит сварочная дуга, которая и производит плавление металла. Импульс постоянного тока поступает на инвертор И1, который преобразует в набор импульсов переменного тока частотой 400 Гц, которые поступают на первичную обмотку w_1 высокочастотного трансформатора Т1, во вторичной обмотке w_2 которого генерируется переменный сварочный ток частотой 400 Гц. В отличие от известных сварочных инверторных источников питания выпрямление тока со стороны вторичной обмотки сварочного трансформатора не предусматривается (сварка происходит на переменном токе). Рабочая сжатая дуга горит между электродом плазмотрона и металлом. Формирование факела дуги происходит за счет аргона, подаваемого внутрь рабочей камеры на плазмообразование и последующего выдувания её через отверстие сопла в зону сварки. Охлаждение плазмотрона происходит за счёт подаваемой воды.

Такая схема позволяет стабилизировать зажигание сварочной дуги и уменьшить износ сопла плазмотрона.

Компоновки сварочного поста должны отвечать следующим требованиям:

- должен быть обеспечен свободный доступ сварочного робота к сварным швам;
- расположение систем управления должно располагаться в одном удобном месте;
- компоновка сварочного поста должна обеспечивать безопасность обслуживающего персонала;
- сварочный пост, по возможности, не должен занимать много производственной площади.

Исходя из всего этого предлагаю компоновку сварочного поста для сборки-сварки, представленную на рисунке 22.

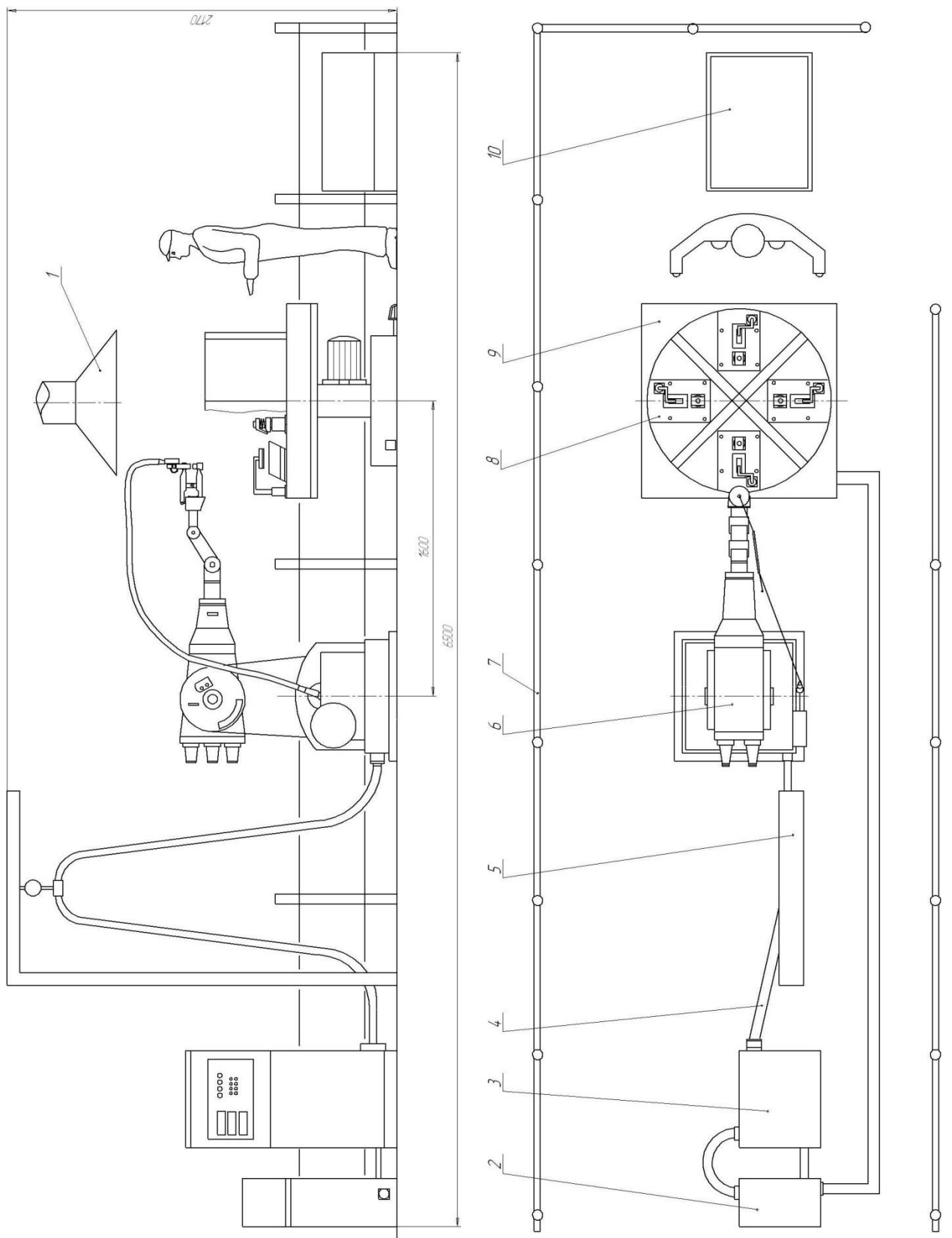


Рисунок 22 – Пост для сборки и сварки

Предлагаемая планировка включает в себя: вытяжной шкаф (обозначен позицией 1), источник питания (обозначен позицией 2), шкаф управления (обозначен позицией 3), токоподвод (обозначен позицией 4), стойку (обозначена позицией 5), сварочный робот (обозначен позицией 6), ограждение (обозначен позицией 7), сборочно-сварочная оснастка (обозначена позицией 8), поворотный стол (обозначен позицией 9), контейнер (обозначен позицией 10).

2.3 Проектная технология сборки и сварки

Подготовка поверхности деталей проводится с целью предупреждения и устранения вредного влияния оксидов и загрязнений в междуэлектродной зоне на процесс сварки и качество сварного соединения.

Выбор способа подготовки поверхности деталей зависит от марки свариваемого материала, исходного состояния поверхности заготовки, толщины металла и размера детали, а также от типа производства и требований к качеству соединений.

Подготовку поверхности металла под сварку выполняют двумя основными способами: механической и химической обработкой. В данном проекте применим химическую очистку. Химические способы подготовки особенно эффективны в крупносерийном и массовом производстве ответственных деталей, поскольку они позволяют получить чистые и малоактивные поверхности с низким значением контактных сопротивлений практически для всех металлов и сплавов. Химическая обработка поверхности деталей проводится в соответствии с производственной инструкцией и технологической документацией, которые регламентируют последовательность операций, состав растворов, их температуру и продолжительность каждой операции

Перед началом работы (в начале смены) наладчик сварочного оборудования должен проверить в источнике питания плазмотрона:

состояние электрических проводов и контактов; соответствие напряжения сети напряжению, указанному на маркировке источника питания; подключение источника питания к источнику плазмообразующего газа.

Затем соединяют с источником питания плазмотрон, для этого подключают по порядку: подвод газа; вставку штепсельного разъема провода управления к колодке.

Источник питания подключен к сети переменного тока 3×380 В через автоматические выключатели.

Перед включением (в начале смены) необходимо предварительно продуть магистраль сжатого воздуха, проверить отсутствие в ней конденсата (путем обдува листа бумаги). При наличии конденсата возможно электрическое замыкание внутри плазмотрона и выход его из строя. Для подачи напряжения на все устройства установки установить ручку автоматического выключателя на панели источника питания в положение "СЕТЬ". При этом на панели включается светодиод "СЕТЬ". Затем необходимо установить необходимый расход воздуха через плазмотрон с помощью регулятора давления и манометра, установленных на панели источника питания, не менее 4 кг/см². Проверить надежность поступления воздуха к плазмотрону резаку.

На источнике питания по указателю с помощью резистора регулирования рабочего тока устанавливают требуемую силу тока. Оборудование готово к работе.

Заготовки со склада ПДБ (производственно-диспетчерское бюро) цеха транспортируются на производственный участок. Заготовки находятся в оборотной таре, откуда оператор предварительно перемещает их на участок сборки-сварки. На участке сварки заготовки укладываются в накопители у первого поста робототехнического комплекса в соответствии с маркировкой. При этом не допускается размещение деталей в накопителях «горкой»

После размещения заготовок у поста оператор забирает из накопителей по одной детали и укладывает их на ложементы сборочной оснастки. При

этом точность сборки деталей (их укладки в сборочном приспособлении) диктуется ложементами сборочного приспособления. При этом можно задать следующие требования к сборке: величина зазоров между деталями должна быть не более 0,6 мм; зазоры должны иметь возможность выбирания при нажатии на детали с усилием до 100 Н; точность позиционирования деталей 0,5 мм; усилие прижима деталей 0,4...0,7 кН.

После сборки узел разворота оснастки разворачивается на 180 градусов, и детали помещаются в рабочую зону сварочного робота (IR-161).

Сварочный робот подает плазматрон в зону расположения первой точки. Производится сварка точки, $U_d=25...35$ В, $I_d=160...210$ А, $t_{св}=2$ с. После сварки 1 точки робот отводит плазматрон, перемещает до контакта с местом сварки следующей точки и по указанным параметрам производит сварку оставшихся точек.

По окончании сварки узел разворота оснастки стол подает изделие в рабочую зону оператора, прижимы детали ослабляются. Вспомогательный робот вынимает сваренную деталь из ложементов и укладывает её в обратную тару.

Контроль качества сварки производят на 1% изделий. Контролируемое изделие проверяется в специальном кондукторе на соответствие геометрии, после чего, производится контроль сварных точек с использованием ультразвукового дефектоскопа УД2-12 теневым методом.

Изделие не прошедшее контроль бракуется, партия, сваренная после предыдущего контроля проходит дополнительный контроль, и в случае несоответствия требованиям на изделие забраковывается, брак изолируется.

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В представленной выпускной квалификационной работе предлагаются меры по повышению эффективности сварки деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать точечную плазменную сварку. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области моделирования тепловых процессов при сварке.

Поскольку в проектную технологию были внесены изменения по сравнению с базовым процессом, возможно появление новых негативных производственных факторов, действие которых на персонал могут повлечь за собой вред физическому состоянию или порчу здоровья. Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены.

В таблице 10 представлены особенности выполнения проектного технологического процесса, который укрупнённо может быть представлен в виде набора операций: подготовка к сварке, сборка, сварка и контроль качества. При выполнении этих операций применяется кран-балка, стапель, набор измерительного инструмента, сварочный трансформатор, система формирования сварочных импульсов, механизм подачи проволоки, газовое оборудование, набор для проведения визуально-измерительного контроля, дефектоскоп. Применяемое оборудование становится источником негативных производственных факторов.

Таблица 10 – Особенности выполнения проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
«подготовка поверхности деталей	Слесарь-сборщик	камера помывочная, камера сушильная,
загрузка деталей в транспортёр-накопитель	Электросварщик	транспортёр-накопитель
сварка	Электросварщик	плазменная горелка, источник питания, сварочный робот, транспортёр-накопитель, кондуктор
разгрузка	Слесарь-сборщик	тара обратная, транспортёр-накопитель
контроль качества	Дефектоскопист	ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i» [16]

Представленный технологический процесс, который разделён на условные операции, позволяет соотнести профессиональные риски с соответствующей операцией в зависимости от особенностей её выполнения. Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены. При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

Применяемое для выполнения проектного технологического процесса оборудование становится источником негативных производственных факторов, которые могут привести как к резкому отрицательному улучшению состояния персонала, так и нарушению здоровья вследствие кумулятивного эффекта. Такими источниками вредных и опасных производственных факторов являются: кран-балка, стапель, набор

измерительного инструмента, источник питания, сварочный робот, механизм подачи заготовок, газовое оборудование, набор для проведения визуально-измерительного контроля, дефектоскоп. В таблице 11 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

Таблица 11 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
подготовка поверхности детали	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений
загрузка деталей в транспортёр-накопитель	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений
сварка	- 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; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур
разгрузка	- 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
контроль качества	- повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне; - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;

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 12 представлены предлагаемые решения по обеспечению безопасности производственного процесса.

Таблица 12 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора
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
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
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции
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
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
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны

Для индивидуальной защиты жизни и здоровья рабочих предлагается оснастить их средствами индивидуальной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты используются: специальная одежда, перчатки, защитные очки, маски, резиновые коврики и средства защиты органов дыхания.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

В процессе осуществления проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. При этом необходимо принимать во внимание, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 13

Таблица 13 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	кран-балка, стапель, набор измерительного инструмента, сварочный трансформатор, система формирования сварочных импульсов, механизм подачи проволоки, газовое оборудование, набор для проведения визуально-измерительного контроля, дефектоскоп
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

На основании данных таблицы 13 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который 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.

В результате пожара может быть нарушена целостность несущих конструкций здания, в результате чего оно может потерять устойчивость. Кроме того, наличие газового оборудования при возникновении пожара может привести к хлопкам.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений 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 8 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 14 – 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

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

При выполнении операций проектного технологического процесса возникает негативное антропогенное действие на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. 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.

Предлагаемые средства для защиты от антропогенного воздействия представлены в таблице 15 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 15 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	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.

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

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 сварочных операций при изготовлении деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать точечную плазменную сварку. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области теплового моделирования.

Проектный технологический процесс укрупнённо может быть представлен в виде набора операций: подготовка к сварке, сборка, сварка и контроль качества.

Так как проектная технология предусматривает применение прогрессивных технологий, приходится считаться с дополнительными финансовыми и трудовыми затратами. При этом необходимо выполнить экономическое обоснование предлагаемых решений, от реализации которых в производстве экономический эффект должен быть положительным.

Следует также принять во внимание, что применяемый проектный технологический процесс позволяет повысить производительность выполнения сварочных работ. Также следует учесть, что стоимость применяемой в базовом варианте контактной машины существенно выше, чем стоимость оборудования для точечной плазменной сварки, которую мы предлагаем применить в проектом варианте.

В таблице 16 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 16 – 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	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
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.	3450 тыс.	2800 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	250	250
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	20	20
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» [5]	$K_{зав}$	-	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 $K_{см}=2$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (3)$$

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 $B=7\%$:

$$F_3 = F_H(1 - B/100). \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ 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 $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 0,4 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,7$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,3 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,5$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054/0,7 = 2900$ изделий для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/0,5 = 4108$ изделий для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 2000$ изделий 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:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 0,7 \cdot 2000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,7$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 0,5 \cdot 2000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,5$ 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 $K_{\text{з}}$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,7/1 = 0,7$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,5/1 = 0,5$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ 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 N_p по формуле:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (9)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M = (3500 \cdot 0,028 + 200 \cdot 0,35) \cdot 1,05 = 170$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса результаты подстановки позволяют получить : $M = (7100 \cdot 0,04 + 300 \cdot 0,46 + 200 \cdot 0,15) \cdot 1,05 = 452$ рублей.

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

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d . \quad (10)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 0,7 \cdot 200 \cdot 1,88 = 236$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 0,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 188$ 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 $K_{доп} = 12 \%$:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100 . \quad (11)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 263 \cdot 12 / 100 = 32$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 188 \cdot 12 / 100 = 23$ 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: $\text{ФЗП} = 236 + 32 = 268$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 188 + 23 = 211$ 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 $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 268 \cdot 34 / 100 = 91$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 211 \cdot 34 / 100 = 72$ 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 $P_{\text{э}}$:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (13)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации H_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_a = 21,5 \%$. 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 $\Pi_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{об}} \cdot H_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 3450000 \cdot 21,5 \cdot 0,7 / 2054 / 100 = 252$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 2800000 \cdot 21,5 \cdot 0,5 / 2054 / 100 = 146$ 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 $\Pi_{э}$:

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot \Pi_{э} / \text{КПД}. \quad (15)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{э} = 0,7 \cdot 250 \cdot 3,2 / 0,7 = 800$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{э} = 0,5 \cdot 200 \cdot 3,2 / 0,85 = 380$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (13) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 252 + 800 = 1052$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 146 + 380 = 526$ 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 и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об}. \quad (16)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 170 + 268 + 91 + 800 = 1329$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 452 + 211 + 72 + 380 = 1115$ рублей.

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

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}}=1329 + 1,5 \cdot 263 = 1329 + 395 = 1724$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}= 1115 + 1,5 \cdot 188 = 1115 + 282 = 1397$ рублей.

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

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 1724 + 1,15 \cdot 263 = 1724 + 302 = 2026$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}}= 1397 + 1,15 \cdot 188 = 1397 + 216 = 1613$ рублей.

В таблице 17 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 17 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	170	452
2. Фонд заработной платы	ФЗП	268	211
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	91	72
4. Затраты на оборудование	Зоб	800	380
5. Технологическая себестоимость	Стех	1329	1115
6. Цеховые расходы	Рцех	395	282
7. Цеховая себестоимость	Сцех	1724	1397
8. Заводские расходы	Рзав	302	216
9. Заводская себестоимость» [15]	Сзав	2026	1613

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

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 $\text{Ц}_{\text{об. б.}}$.

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

$$\text{Ц}_{\text{об. б.}} = \text{Ц}_{\text{перв.}} - (\text{Ц}_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (19)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\text{Ц}_{\text{об. б.}} = 3450000 - (3450000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 1966500$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \text{Ц}_{\text{об. б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1966500 \cdot 0,7 = 1376550$ 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 $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (21)$$

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 $\text{Ц}_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_з$:

$$K_{\text{об. пр.}} = \text{Ц}_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{з. пр.} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 2800000 \cdot 1,05 \cdot 0,5 = 1470000$ 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

$$P_{дем} = C_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 3450000 \cdot 0,05 = 172500$ рублей.

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

$$P_{монт} = C_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 2800000 \cdot 0,05 = 140000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт}. \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 172500 + 140000 = 312500$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (21) значений получили общие капитальные затраты $K_{общ. пр.} = 312500 + 1470000 = 1782500$ рублей.

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

$$K_{доп} = K_{общпр} - K_{общб}: \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 1782500 - 1376550 = 405950$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_r . \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 1376550/2000 = 688$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 1782500/2000 = 891$ 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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (0,7 - 0,5) \cdot 100 \% / 0,7 = 28 \%$.

Повышение производительности Π_r рассчитывается как

$$\Pi_r = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_r = 100 \cdot 28 / (100 - 28) = 38 \%$.

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

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} . \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (1724 - 1397) \cdot 100\% / 1724 = 19 \%$.

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

$$\Pi_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_r . \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (2026 - 1613) \cdot 2000 = 826000$ рублей.

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

$$T_{ок} = K_{доп} / \Delta_{уг}. \quad (32)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 405950 / 826000 = 0,5$ года.

Величина годового экономического эффекта Δ_r рассчитывается как

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (33)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta_r = 826000 - 0,33 \cdot 405950 = 692036$ рублей.

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

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 коэффициента загрузки оборудования.

Производительность труда повышается на 38 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 19 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 692 тыс. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,5 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при изготовлении деталей кузова автомобиля из алюминиевых сплавов.

Выполнен анализ применяемых сплавов, для рассматриваемой в выпускной квалификационной работе предлагается использовать сплав АМгб. Сформулированы трудности при сварке, которые затрудняют проведение сварочных технологий и расширение области их использования.

На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать роботизированную точечную плазменную сварку. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области моделирования тепловых процессов при сварке.

Проектный технологический процесс укрупнённо может быть представлен в виде набора операций: подготовка к сварке, сборка, сварка и контроль качества.

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

С учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства. Производительность труда повышается на 38 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 19 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 692 тыс. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,5 года.

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. Гринюк А. А., Коржик В. Е., Шевченко Е. Н. Основные тенденции развития плазменнодуговой сварки алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 2015. № 11. С. 39–50.
4. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
5. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
6. Кудрявцев С. М., Пачурин Г. В., Соловьёв Д. В. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля. Н. Новгород : Издательство НГТУ, 2010. 236 с.
7. Нагорный П. Н., Медведев А. З., Асмолов А. С. Полуавтоматическая сварка электрозаклёпками конструкций из алюминиевых сплавов // Сварочное производство. 1977. № 2. С. 14–15.
8. Резник Г. Законы диалектики в автомобильном секторе // Металлы мира. 2003. № 5.
9. Рыкалин Н. Н. Расчёты тепловых процессов при сварке // М.: Машиностроение, 1951. 296 с.
10. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.
11. Сидоров В.П., Советкин Д.Э. Влияние баланса полярностей на эффективную мощность дуги при точечной плазменной сварке алюминиевых сплавов // Вестник РГУПС. 2019. № 4. С. 23–26.

12. Сидоров В. П., Советкин Д. Э. Эффективная мощность разнополярной дуги в аргоне вольфрамовым электродом при сварке алюминия // Вестник ПНИПУ. № 1. 2021. С. 5–12.

13. 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.

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

15. Столбов В. И., Сидоров В. П., Куркин И. П. Оптимизация режимов трёхфазной сжатой дуги при сварке алюминия электрозаклёпками // Сварочное производство. 1989. № 10. С. 7–9.

16. 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.

17. Фролов В. В., Волченко В. Н., Ямпольский В. М. Теория сварочных процессов // М.: Высш. шк. 1988. 559 с.

18. Щицын Ю. Д., Гилев И. А., Беленин Д. С. Плазменная сварка алюминиевых сплавов при работе двухдугового плазматрона на токе обратной полярности // Вестник ПНИПУ. 2015. № 3. С. 61-70.

19. Шишков, М.М. Марочник сталей и сплавов / М.М. Шишков // Донецк: Юго-Восток, 2002. 456 с.

20. Юсуfoва, З. А. О механизме разрушения окисных плён в стыке при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов // Сварочное производство. 1979. № 10. С. 25–26.