

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

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«__» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Барауля Александр Владимирович

1. Тема Технология сварки корпуса катера из алюминиевого сплава
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
«__» ____ 2017г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе научные статьи,
патенты, материалы дипломов, ранее выполненных по схожей тематике на
кафедре «СОМДиРП» ТГУ
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих
разработке вопросов, разделов)
 - 1) Введение (обоснование актуальности и своевременности проекта).
Формулировка цели проекта.
 - 2) Состояние вопроса.
 - 2.1) Описание изделия и условия его эксплуатации.
 - 2.2) Анализ свойств материала конструкции (хим. состав, мех. свойства,
возможные сложности при сварке).
 - 2.3) Описание базового технологического процесса сборки и сварки.
 - 2.4) Критический анализ базового варианта процесса сборки и сварки.
 - 2.5) Формулировка задач проекта.

- 3) Анализ и выбор способов сварки.
- 4) Разработка технологического процесса сборки и сварки (проектный вариант).
- 5) Безопасность и экологичность проекта.
- 6) Экономическая часть.
- 7) Заключение
- 8) Библиографический список
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала
- 1) Общий чертеж изделия – 1 лист.
- 2) Технологический процесс сборки-сварки (базовый и проектный вариант) – 2 листа.
- 3) Анализ способов сварки – 1 лист.
- 4) Оборудовани для сварки – 1 лист.
- 5) Экономический лист – 1 лист.
6. Консультанты по разделам

<u>Безопасность и экологичность проекта</u>	<u>И.В. Дерябин</u>
<u>Экономическая часть</u>	<u>И.В. Краснопевцева</u>
<u>Нормоконтроль</u>	<u>В.Г. Виткалов</u>

7. **Заказчик** (указывается должность, место работы
Ученая степень, ученое звание) _____

Дата выдачи задания «13»февраля2017г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

А.С. Климов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А.В. Барауля

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В настоящее время алюминий и его сплавы широко используется при изготовления катеров и лодок. В основном используются сплавы АМг, которые обладают такими свойствами, как коррозионная стойкость и малый вес. Сплавы АМгЗ могут эксплуатироваться в пресной воде, для повышения надежности и продления срока службы рекомендуется использовать либо листы АМг5.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки корпуса катера из сплава АМг5.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) произвести анализ и выбор способа сварки листовых конструкций из алюминиевых сплавов;
- 2) предложить методы повышения эффективности выбранного способа применительно к рассматриваемому изделию;
- 3) составить проектную технологию сварки;
- 4) произвести экологическую экспертизу проектной технологии;
- 5) оценить экономическую эффективность предлагаемых решений.

За счёт снижения трудоёмкости на 67 % при внедрении проектной технологии себестоимость сварки снижается на 66 %. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 1,1 млн. рублей.

Графическая часть работы состоит из 6 листов формата А1. Пояснительная записка состоит из 65 страниц, включает в себя 18 рисунков, 22 таблицы, 33 библиографических наименования.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия	9
1.2 Сведения о материале изделия и особенностях его сварки	12
1.3 Базовая технология сварки и её недостатки	17
1.4 Формулировка задач проекта	22
2 АНАЛИЗ И ВЫБОР СПОСОБА СВАРКИ	23
3 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ	
3.1 Повышение эффективности сварки	30
3.2 Предлагаемый способ сварки	34
3.3 Описание операций технологического процесса	38
4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	
4.1 Технологическая характеристика объекта	43
4.2 Идентификация персональных рисков	44
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	45
4.4 Обеспечение пожарной безопасности	46
4.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	48
4.6 Заключение по разделу	49
5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	61

ВВЕДЕНИЕ

Создание новых машин и механизмов, повышение их эффективности и снижение стоимости производства является одними из главных и важнейших задач. Одним из основных путей решения данной задачи является использование легких материалов при изготовлении конструкций и механизмов. Алюминиевые сплавы получили достаточно большое преимущество в авиастроении, энергетическом машиностроении, атомной технике и радиоэлектронной промышленности. Не смотря на более высокую стоимость алюминиевых сплавов по сравнению с конструкционными сталями, объем алюминиевых сплавов при производстве сварных конструкций непрерывно повышается. Это объясняется эксплуатационными свойствами алюминия и его сплавов, такими как высокая коррозионная стойкость в ряде агрессивных жидких и газовых сред, немагнитность, а также высокие электро- и теплопроводность.

В качестве конструкционных материалов в основном используют полуфабрикаты из алюминиевых сплавов. По показателям отношения прочности и текучести к плотности высокопрочные алюминиевые сплавы значительно превосходят чугун, низкоуглеродистые и низколегированные стали, чистый титан и уступают лишь высоколегированным сталям повышенной прочности и сплавам титана [1].

Для изготовления сварных конструкций с высокой степенью ответственности наиболее часто применяются термически неупрочняемые алюминий-магниево-ванадиевые сплавы АМг5В и АМг5, а также термически упрочняемый сплав 1915.

В настоящее время алюминий и его сплавы широко используются при изготовлении катеров и лодок. В основном используются сплавы АМг, которые обладают такими свойствами, как коррозионная стойкость и малый вес. Сплавы АМг3 могут эксплуатироваться в пресной воде, для повышения надежности и продления срока службы рекомендуется использовать либо листы АМг5.

Также следует принимать во внимание хорошую свариваемость и эластичность листов из сплава АМг, что позволяет их использовать для создания гидродинамических обводов современных катеров. При помощи сварки листов из сплава АМг можно создавать герметичные, прочные и жесткие коробчатые конструкции алюминиевых катеров и лодок.

Основным недостатком данного материала является высокая чувствительность структуры металла к температурному циклу сварки, а также различным типам дефектов и включений в металле сварных швов, значительно снижающих его механические свойства. В большей степени структурные изменения (неравномерное распределение легирующих элементов, возникновение различных фаз химических соединений) влияют на коррозионные свойства и износостойкость поверхности сварных швов, приводят к их значительному снижению.

Вопросами повышения эффективности сварки алюминиевых сплавов посвятили свои труды Г.И. Лесков, Д. М. Рабкин, Д. А. Дудк, Д. М. Погребницкий, И. И. Заруба, В. К. Лебедев, А. Г. Покляцкий, Э. А. Гладков, В. И. Столбов, В. П. Сидоров, Ю. В. Казаков и другие отечественные и зарубежные учёные.

Проблема получения качественного соединения при высокопроизводительной сварке алюминиевых сплавов до сих пор не решена, в связи с чём актуальным является направление выполняемой выпускной квалификационной работы.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки корпуса катера из сплава АМг5.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание изделия

Катера Victory предназначены для любителей активного отдыха и рыбалки. Корпус катера изготовлен из алюминиево-магниевого сплава АМг5М для придания универсальных характеристик использования судна и удобного, «безболезненного» подхода к любому берегу.

Все катера имеют усиленный силовой внутренний набор для придания дополнительной жесткости и прочности корпусу.

При создании корпуса используется лазерный раскрой и все швы провариваются с двух сторон (внутренней и внешней).

Блоки плавучести изготовлены из экструзионного пенополистирола, что обеспечивает исключительную непотопляемость судна.

Палуба катера изготовлена из высококачественных импортных композитных материалов для улучшения эргономики, комфорта и эстетики. Не требует специального зимнего хранения.

Victory использует только качественные комплектующие и сотрудничает с лучшими мировыми производителями (Tailormade, Ultraflex, Osculati, Springfield, Sunbrella и другие).

Уникальные обводы корпуса позволяют быстро выходить на глиссер и развивать высокую скорость даже с моторами небольшой мощности.

Все начинается с подготовки листа. В производстве лодок используются листы из алюминиевого сплава АМг-5М (рис. 1.2 а). С помощью шаблонов деталей лодки – раскраивается лист металла. Разрезается на ножницах или с помощью плазменной резки (рис. 1.2 б). Вот такие шаблоны используются для раскроя листа с помощью плазменной резки (рис. 1.2 в). Раскрой плазменной резкой по шаблону (рис. 1.2 г). С помощью этого зигочного станка зигуются борта лодки, т.е. получается так называемый «клинкерный борт» (рис. 1.2 д). Кроме листов алюминия, в

производстве используются уголки и прутки из сплава АМг5 (рис. 1.2 е). Уголками укрепляют днище, а так же они используются для обрешетки кокпита лодки. Гибочный станок используется для гнутья раскроенных деталей лодки и получения законченного вида (рис. 1.2 ж). Стационарные механические ножницы по металлу используют для подрезки деталей при подгонке (рис. 1.2 з). Продольную жесткость корпуса задают стрингера, килевая балка и уголки, расположенные на проекциях продольных реданов. А поперечную – флоры шпангоутов (рис. 1.2 е). Вся проводка прячется в гофры, лодки заполняют пенопластом марки ПСБ-25 (рис. 1.2 ж).

Коробчатая конструкция стрингеров алюминиевых лодок помогает получить жесткость корпуса в несколько раз выше, нежели у других подобных катеров, а специальные реданы, расположенные на скулах днища, создают в кормовой части эффект «крыльев чайки», что дает улучшенный выход на глиссирование. Днище алюминиевой лодки, выполненное из 4 мм алюминия, специально выполнено более широким. Реданы идущие вдоль днища на протяжении 1.5м от кормы, придают нашему алюминиевому катеру дополнительную ходовую устойчивость и направленность.



Рисунок 1.1 – Алюминиевый катер

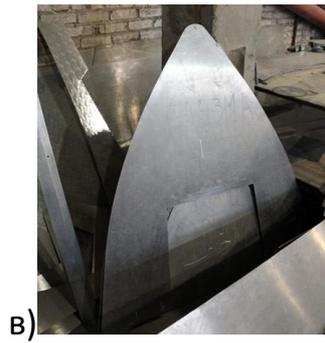


Рисунок 1.2 – Изготовление корпуса алюминиевых катеров и лодок

1.2 Сведения о материале изделия и особенностях его сварки

Материал изделия – сплав АМг5, алюминиевый деформируемый сплав (табл. 1.1 и 1.2).

Таблица 1.1 – Химический состав сплава АМг5

Fe	Si	Mn	Ti	Cu	Be	Mg	Zn	Al
до 0,5	до 0,5	0,5... 0,8	0,02... 0,1	до 0,1	0,0002 ...0,005	4,8... 5,8	до 0,2	91,9... 94,68

Таблица 1.2 – Механические свойства листового проката из сплава АМг5

Показатель	Значение
Предел прочности	300 МПа
Предел пропорциональности	150 МПа
Относительное удлинение	20 %

Недостатками алюминиевых сплавов по сравнению с конструкционными низкоуглеродистыми и низколегированными сталями является необходимость применения достаточно сложных технологических приемов непосредственно перед проведением сварных работ, во время процесса сварки, а также после выполнения сварки. Таким образом, учитывая относительно высокую стоимость алюминиевых сплавов и их более низкую технологическую свариваемость, эффективность применения алюминиевых сплавов в качестве основного металла должна определяться главным образом с учетом условий эксплуатации данной сварной конструкции.

Сложности сварки алюминиевых сплавов

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

2) Алюминиевые сплавы имеют большой коэффициент линейного расширения и низкий модуль упругости, поэтому у них наблюдается

повышенная склонность к короблению. Уровень сварочных деформаций у конструкций из сплавов алюминия в 1,5...2 раза превышает уровень сварочных деформаций у аналогичных конструкций из стали.

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

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

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

Основной особенностью алюминия и его сплавов является оксидная пленка, мгновенно образующаяся на поверхности металла, и затрудняющая сварку алюминия и его сплавов. Так, например, при сварке технического алюминия на поверхности деталей после химической обработки моментально образуется оксидная пленка Al_2O_3 толщиной 10^{-3} мм, имеющая предел прочности до 20 МПа, и плотность $4 \cdot 10^3$ кг/м³.

Тугоплавкая окись алюминия достаточно прочно удерживается на поверхности металла вплоть до температур, превышающих температуру плавления алюминия. Температура плавления окисной пленки может составлять $T_{пл} = 2323$ К.

Состав окисной пленки может изменяться в зависимости от состава алюминиевых сплавов в том случае, если легирующие элементы имеют сродство с кислородом больше, чем основной материал, например магний, цирконий, титан и бериллий. При содержании магния в сплаве выше 1,5%

окисная пленка состоит практически из чистого магнезита, обладает большей плотностью и адсорбционной способностью, чем окись алюминия.

Для проведения сварки алюминия, независимо от состава сплава, необходима предварительная обработка поверхностей детали и присадочного материала. Обработка щелочными растворами позволяет уменьшить толщину вновь образованной оксидной пленки до $2 \cdot 10^{-4}$ мм. После поверхностной обработки сварку необходимо проводить как можно быстрее, время между обработкой и сваркой не должно превышать более суток.

В процессе сварки алюминиевых сплавов достаточно значительное влияние на формирование и свойства металла шва оказывают внешняя защита расплавленного металла, а также разрушение и удаление окисных пленок с зеркала ванны. Данная задача решается путем реализации электротермического эффекта в виде катодного распыления оксидной пленки при электродуговой и плазменной сварке в среде инертных газов на постоянном токе обратной полярности, либо переменном токе, а также за счет концентрации ввода термической энергии при гелиево-дуговой сварке на постоянном токе прямой полярности, либо при электронно-лучевой сварке в вакууме. Кроме того, существуют различные способы разрушения оксидных пленок за счет активных флюсов, имеющих в составе хлористые и фтористые швы щелочных и щелочно-земельных металлов, с реализацией катодного распыления, например при автоматической сварке по слою флюса или при электрошлаковой сварке.

В зависимости от типоразмеров сварных швов, форм и размеров сварных швов, разделки кромок деталей (ГОСТ 14806-69), при дуговой сварке в среде инертных газов, изменяется доля участия добавочного металла в шве и химический состав металла сварочной ванны. В связи с этим, на прочность металла шва и его эксплуатационные свойства может оказывать влияние состав присадочных материалов. Выбор присадочного материала выполняется по допустимым концентрациям легирующих элементов и примесей, чаще всего кремния и железа, при достижении оптимальных

значений которых, гарантируется удовлетворительная технологическая прочность и эксплуатационные свойства металла шва.

Одной из главных причин образования кристаллизационных трещин в сварных швах алюминиевых сплавов с низким содержанием магния может быть аюминиево-кремниевая эвтектика с температурой плавления около 850 К, образующаяся при малых количествах свободного кремния.

Положительное влияние на технологическую прочность металла шва при сварке деформируемых алюминиевых сплавов оказывают влияние цирконий и титан.

Несмотря на невысокую температуру плавления алюминия и его сплавов, для получения качественных сварных швов необходимы достаточно мощные источники тепла и дополнительные технологические приемы.

Теплопроводность алюминиевых сплавов сравнима с теплопроводностью серебра и меди, она втрое превышает теплопроводность малоуглеродистой стали. Из-за низкой температуры плавления высока вероятность прожога свариваемого изделия [4].

Основным дефектом при сварке алюминиевых сплавов является пористость (рис. 1.3). Это объясняется повышенным растворением газов в нагретом металле и задержкой их в металле при его остывании [5]. Таким газом является водород, источником поступления которого в металл является влага в окисной пленке. Поэтому необходимо проводить тщательную химическую очистку присадочного материала и механическую обработку с последующим обезжириванием кромок свариваемого изделия.

В процессе сварки в сварном шве возможно образование горячих трещин (рис. 1.4). Это происходит из-за со столбчатой структурой металла шва и выделения по границам зерен легкосплавных эвтектик. Также причиной возникновения горячих трещим является значительная величина усадочных напряжений в результате высокой литейной усадки алюминия.

Для борьбы с горячими трещинами в сварные швы могут добавляюь специальные модификаторы, которые улучшают кристаллическую структуру шва.

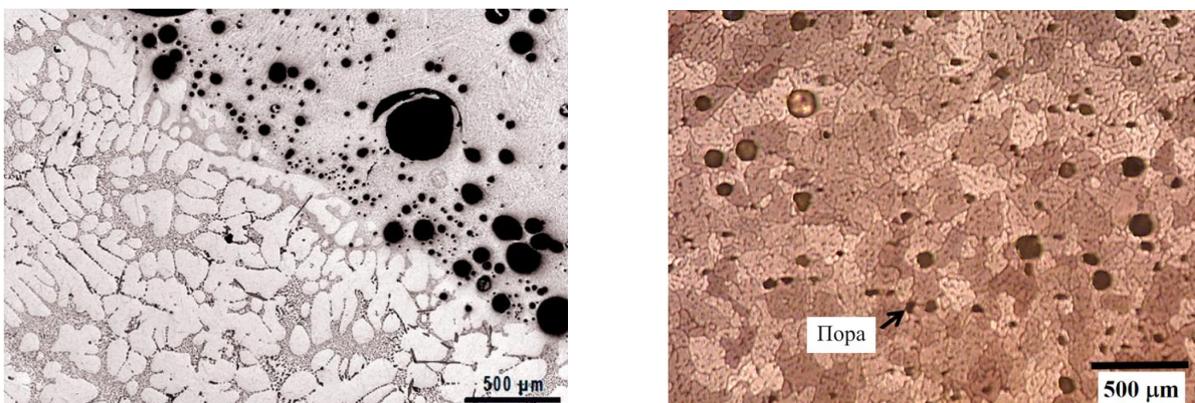


Рисунок 1.3 – Газовые (водородные) поры при сварке алюминиевых сплавов

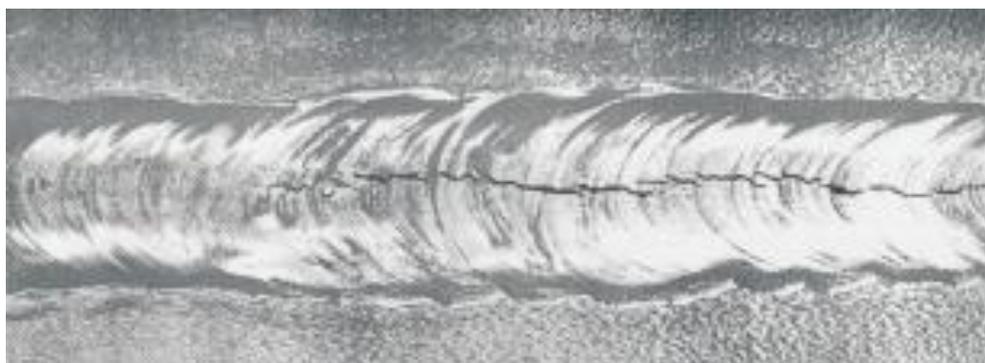


Рисунок 1.4 – Горячие трещины при сварке алюминиевых сплавов

При сварке алюминиевых сплавов следует учитывать возможность растрескивания кратера в конце шва. Это происходит из-за быстрого термического расширения алюминия в ходе сварки и сужения при остывании [6]. На вогнутых швах вероятность растрескивания возрастает, поверхность кратера в процессе охлаждения металла сужается и растрескивается. Для устранения растрескивания следует придать выпуклую форму шву, что позволит компенсировать сжимающие силы.

1.3 Базовая технология сварки и её недостатки

Чтобы предупредить и устранить вредное влияние оксидов и загрязнений на качество сварки, производят подготовку поверхностей деталей. Перед сваркой место сварки зачищают, удаляя окисную пленку на ширину не менее 20 мм от места наложения сварного шва. Очистку производят механическим способом (при помощи щеток из нержавеющей проволоки). Потом поверхность очищают химическим способом, предусматривающим выполнение следующих операций:

- обезжиривают поверхности 5%-м водным раствором едкого натра при температуре 60...80 °С в течение 2 мин;
- промывают поверхности в теплой воде с температурой не ниже 45 °С, а потом промывают с использованием холодной проточной воды;
- освещают поверхности с применением 15%-о водного раствора азотной кислоты с температурой 60...65°С, в течение 2...5 мин;
- промывают поверхности в теплой воде с температурой не ниже 45 °С и затем в холодной воде;
- осуществляют сушку тёплым воздухом с температурой не ниже 60 °С до окончательного удаления влаги.

Непосредственно перед сваркой кромки обезжиривают с использованием ацетона или другого растворителя.

Между зачисткой свариваемых поверхностей и самой сваркой должно пройти время не более 24 часов.

Присадочную проволоку для сварки поставляют в отожженном или нагартованном состоянии.

Перед началом сварки необходимо подвергнуть наружному осмотру проволоку, чтобы проверить состояние поверхности. При этом должны удовлетворяться требования ГОСТ 7871: проволока должна быть с чистой поверхностью, не должна иметь трещин, закатов, заусенцев, вмятин, расслоений и быть без резких перегибов. Диаметр проволоки определяют при

помощи микрометра, качество поверхности проволоки определяют визуально, оптические приборы не применяются.

Сварочную проволоку необходимо подвергнуть химической очистке. После очистки проволока должна быть блестящей, шероховатость её поверхности не должна быть более 2,5 мкм.

После химической очистки присадочной проволоки срок её хранения составляет не более 12 ч при хранении на воздухе и не более 36 ч при хранении в герметично закрытой таре.

В качестве защитного газа применяют аргон по ГОСТ 10157. Аргон поставляют в баллонах под давлением 15 МПа, каждый баллон содержит в себе 6,2 м³ газообразного аргона. Баллон для хранения аргона окрашивают в серый цвет, он имеет надпись зеленого цвета.

Таблица 1.3 – Состав газообразного аргона по ГОСТ 10157–79

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

Для сварки применяют проволоку Св-АМг5 по ГОСТ 7871-75. В качестве неплавящегося электрода используют прутки из лантанированного вольфрама.

Таблица 1.4 – Состав присадочной проволоки Св-АМг5 по ГОСТ ГОСТ 7871-75

Mg	Mn	Ti	Fe	Si	Cu	Zn	Be	Примесей
4,8... 5,8	0,5... 0,8	0,1... 0,2	до 0,4	до 0,4	до 0,05	до 0,2	0,002... 0,005	всего до 1,4

Таблица 1.5 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-АМг5

Предел текучести, МПа	120
Предел прочности, МПа	265
Относительное удлинение, %	26

Таблица 1.6 – Характеристика электродов ЭВЛ (ГОСТ 13949-80)

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

Для сварки применяют сварочный источник питания TETRIX 551 AC/DC SYNERGIC FWD (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Сварочный источник питания TETRIX 551 AC/DC SYNERGIC FWD

Таблица 1.7 – Техническая характеристика аппарата TETRIX 551

Параметр	Значение
Диапазон регулирования сварочного тока	5...550 А
Напряжение холостого хода	80 В
Максимальная потребляемая мощность	22,2 кВА
Коэффициент мощности	0,99
кпд	85 %
Габаритные размеры	1080x690x1195 мм
Вес аппарата	181,5 кг
Класс защиты	IP23

Таблица 1.8 – Параметры режима сварки неплавящимся электродом по базовой технологии

Толщина свариваемого металла	Условное обозначение сварного шва по ГОСТ 14806	Диаметр вольфрамового электрода	Диаметр сварочной проволоки	Расход аргона	Сварочный ток
3 мм, 4 мм	C2	4,0	3,0 мм	7...8 л/мин	150...170 А

При сварного шва особое внимание следует уделять технике сварки. Угол между сварочной проволокой и неплавящимся электродом должен составлять приблизительно 90 °. Присадку подают короткими возвратно-поступательными движениями. Нельзя допускать поперечных колебаний неплавящегося электрода. Длину дуги поддерживают порядка 1,5 ... 2,5 мм. Вылет электрода от торца наконечника горелки должен составлять порядка 1...1,5 мм. Сварку ведут справа налево ("левый" способ), что снижает перегрев свариваемого металла.

После сварки производят зачистку усиления сварного шва до высоты не более 1 мм.

После сварки производят визуально-измерительный контроль качества выполненного соединения по всей длине шва. Дефекты, возникающие при сварке алюминиевых сплавов, представлены:

- газовой пористостью;
- оксидными пленами;
- вольфрамовыми и другими включениями;
- горячими и холодными трещинами;
- несплавлениями;
- раковинами.

По результатам визуального контроля недопустимыми дефектами являются:

- трещины;
- наплывы;
- прожоги;
- незаваренные кратеры;
- выводы кратера на основной металл;
- непровары;
- подрезы.

В случае обнаружения дефекта это место необходимо переварить, при этом допускается не более двух исправлений дефектов в одном месте.

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

Применяемая в базовом варианте технология с использованием сварки неплавящимся электродом и присадочной проволоки имеет ряд недостатков.

1.4 Формулировка задач проекта

При анализе состояния вопроса были рассмотрены свойства свариваемого материала – сплав АМг5 и сложности его сварки. Базовая технология сварки с применением ручной сварки неплавящимся электродом в инертном газе не позволяет полностью устранить появление таких дефектов, как – трещины, пористость, оксидные и вольфрамовые включения, незаваренные кратеры, прожоги и подрезы. При этом базовая технология обладает малой производительностью, а качество выполняемых соединений существенно зависит от квалификации и кондиций сварщика.

В связи с этим целесообразно разработать проектную технологию, использующую другой, более производительный, способ сварки, основывающийся на наукоёмкие технологии, для чего следует произвести обзор современных разработок в области сварки алюминиевых сплавов и выбрать из них подходящие к нашему случаю.

Таким образом, достижение поставленной цели может быть получено путём последовательного решения ряда задач:

- произвести анализ и выбор способа сварки листовых конструкций из алюминиевых сплавов;
- предложить методы повышения эффективности выбранного способа применительно к рассматриваемому изделию;
- составить проектную технологию сварки;
- произвести экологическую экспертизу проектной технологии;
- оценить экономическую эффективность предлагаемых решений.

2 АНАЛИЗ И ВЫБОР СПОСОБА СВАРКИ

Существенно влияют на процесс формирования сварного шва, его механические свойства и химический состав, эксплуатационные характеристики и надежность сварных швов: тепловложение в основной металл, определяемый режимом и условиями сварки; состав присадочных материалов; термическая или термомеханическая обработка; технологическая оснастка, обеспечивающая точность конструкции; технические характеристики сварочного оборудования; стабильность процесса сварки.

На площадь провара, её форму и глубину значительное влияние оказывает воздействие источника нагрева. При сварке с дуговыми источниками энергии воздействие оказывает давление дуги, при плазменной – силовое воздействие плазмообразующего газа, при электронно-лучевой – давление паровой фазы.

Выбор оптимального способа сварки алюминиевых сплавов производится из ряда требований к сварным конструкция. Наиболее часто в настоящее время применяется сварка неплавящимся электродом в среде аргона. Данный способ сварки достаточно универсален, позволяет выполнять сварные швы в различных пространственных положениях, а также в сложных условиях. При этом достигается наилучшее формирование сварного шва. Наименьшая деформация обеспечивается в случае однопроводной сварки плавящимся электродом и сварки неплавящимся электродом постоянным током в среде гелия.

Сварка неплавящимся электродом

в среде защитных газов

При дуговой сварке неплавящимся электродом в качестве электродов применяют электроды из лантанированного и иттрированного вольфрама.

Активированный вольфрам (лантанированный, иттрированный) рекомендуется применять для автоматической аргонодуговой сварки

конструкций ответственного назначения. Для ручной сварки применяют лантанированные или чистый вольфрам, последний для конструкций неответственного назначения.

При сварке вольфрамовым электродом электрическая дуга используется для нагрева и расплавления металла в зоне сварки. Защитный газ, который поступает из газового сопла, защищает сварочную ванну и электрод, не дает расплаву реагировать с воздухом. Обычно в качестве защитного газа используется аргон, гелий или их смесь. Сам электрод, выполненный из тугоплавкого материала, расположен в центре газового сопла и не плавится. Присадочный материал подается в зону сварки извне обычно вручную. Присадочный элемент – это проволока, которая, расплавляясь, образует шов.

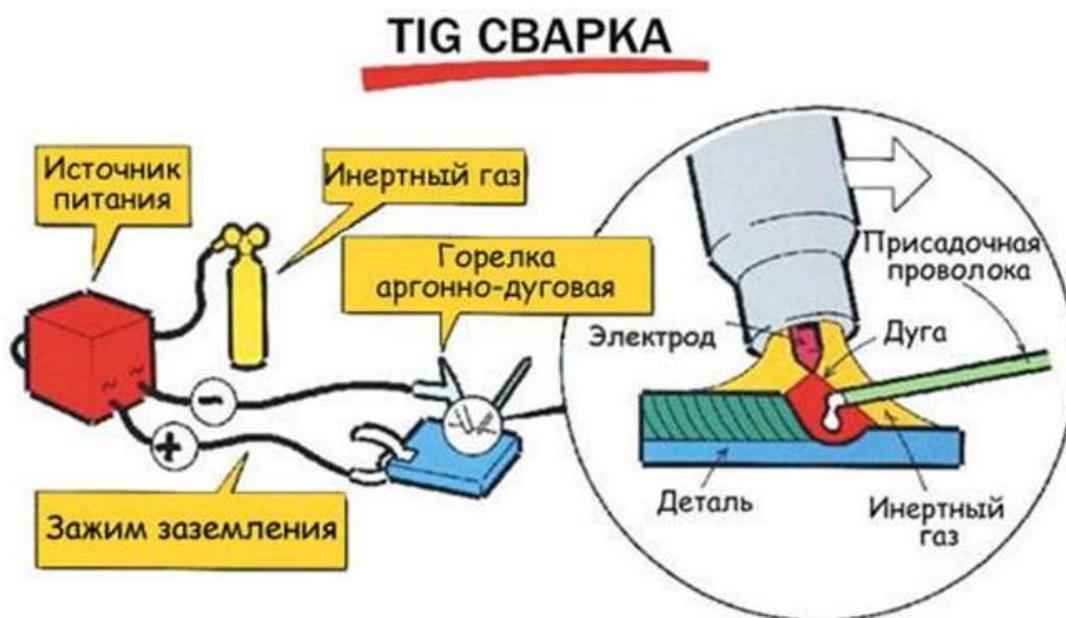


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема сварки в инертных газах неплавящимся электродом

Метод TIG применяется для сварки изделий из алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, стальных нержавеющей труб, емкостей высокого давления, теплообменников, изделий для пищевых продуктов. Преимуществами аргонно-дуговой сварки являются очень высокое качество сварного шва, отсутствие брызг, практическое отсутствие шлаков. Основной

недостаток – невысокая скорость сварки. Требуется высокой квалификации от сварщика, в быту применяется редко.

Механизованная сварка в инертных газах

Горение электрической дуги происходит между изделием и плавящимся электродом. Сам плавящийся электрод подается в зону дуги постоянной или переменной скоростью.

Полуавтоматическую сварку плавящимся электродом применяют для получения стыковых, тавровых, нахлесточных и других соединений металла толщиной 4...6 мм и более. Экономическая целесообразность применения сварки плавящимся электродом возрастает с увеличением толщины металла, глубокое проплавление которого обеспечивает процессу высокую производительность. Этим способом сварки удается получать надежное проплавление корня шва при сварке тавровых и нахлесточных соединений.

Конструкция механизма подачи должна быть такой, чтобы обеспечивать надежность и стабильность поступления мягкой алюминиевой проволоки. Как правило, такие механизмы содержат две пары ведущих и прижимных роликов, такая особенность конструкции позволяет уменьшить вероятность проскальзывания проволоки и устранить сминание проволоки.

При сварке плавящимся электродом пористость значительно выше, чем при сварке наплавляющимся электродом, так как зарождение пор в металле шва происходит как в сварочной ванне, так и в каплях расплавленного присадочного материала.

В настоящий момент для механизированной сварки алюминиевых сплавов предложены специальные импульсные аппараты, в которых предусмотрено получение импульса высокого напряжения, разбивающего оксидную пленку, и последующее снижение напряжения до базового значения. При этом каждая капля расплавленного электродного материала проходит стадии формирования и переноса в сварочную ванну, управление которыми обеспечивает высокое качество сварки шва [17]. Применение импульсной сварки позволяет получить существенные технологические

преимущества: снижается разбрызгивание электродного металла, повышается стабильность возбуждения и горения дуги, уменьшаются сварочные деформации, качество сварного соединения из-за большей концентрации энергии, улучшаются условия кристаллизации сварочной ванны. Применение импульсной подачи электродной проволоки существенно повышает эффективность механизированной сварки деталей из алюминиевых сплавов [16].

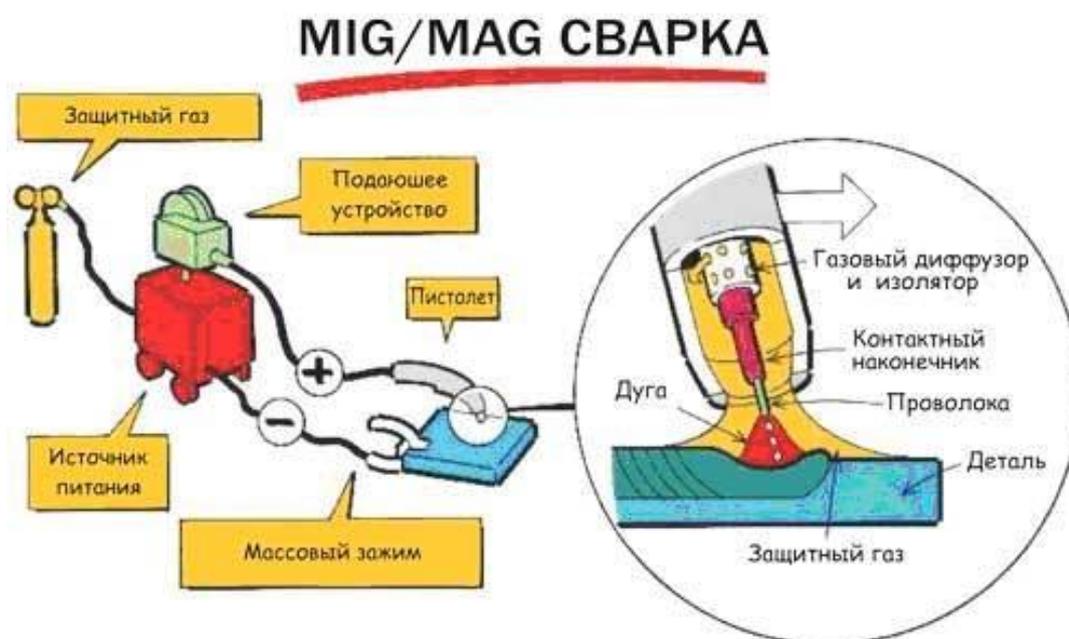


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема сварки в защитных газах плавящимся электродом

Плазменная сварка

Плазменная сварка (сжатой дугой) производится постоянным током обратной полярности. Высокая плотность тока в столбе дуги, большая концентрация энергии при плазменном процессе дают возможность для повышения скорости сварки, уменьшения зоны термического влияния и уменьшения деформаций конструкции по сравнению с аргонодуговой сваркой переменным током.

Процесс горения дуги весьма устойчив, а малая чувствительность к колебаниям ее длины значительно облегчает операцию сварки.

Плазменная дуга по сравнению с обычной характеризуется рядом положительных свойств:

- более высокой температурой горения дуги;
- меньшим диаметром дуги;
- цилиндрической формой дуги, в то время, как обычная дуга имеет коническую форму;
- большим в 6...10 раз давлением дуги на металл;
- возможностью поддержания дуги на малых токах, составляющих порядка 0,2...30 А.

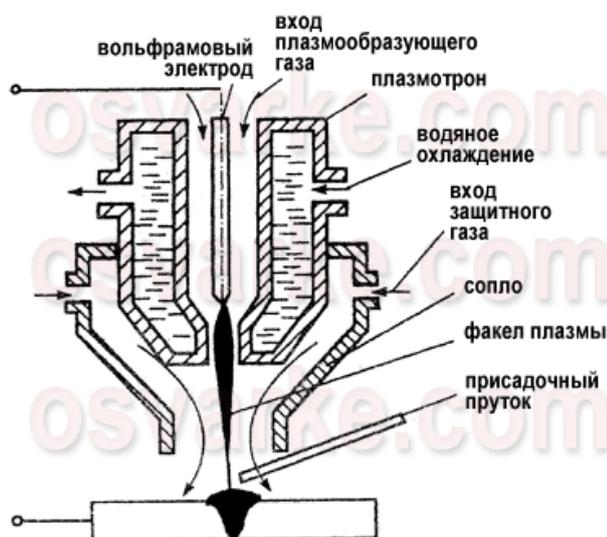


Рисунок 2.3 – Схема плазменной сварки

Многие проблемы сварки алюминиевых сплавов решаются за счёт применения плазменной сварки током обратной полярности, которая повышает производительность, позволяет получать высокое качество сварных соединений. Технологии сварки и параметры режима выбираются исходя из марки сплава, формы и габаритов изделия, толщины соединяемых элементов, типа и конфигурации швов, их пространственного расположения, протяженности, производственных условий и ряда других факторов.

Сварка трением с перемешиванием

Сущность сварки трением с перемешиванием состоит в следующем (рис. 2.4). Сварку ведут с применением вращающегося нерасходуемого

инструмента. Этот инструмент в общем случае выполнен в виде цилиндра, имеющего плоский торец диаметром D , который называется «заплечики». Из заплечиков выступает цилиндр с меньшим диаметром d , который называется «пин». Ось инструмента наклоняют на угол α относительно нормали к поверхности свариваемых деталей. Инструмент вращается со скоростью ω , погружаясь в свариваемые детали на определенную глубину h и перемещаясь вдоль стыка (сварка происходит «углом вперед») со скоростью сварки $V_{св}$. Нагрев от трения и приложенное давление от силы P_z переводит металл, находящийся под заплечиком, в пластифицированное состояние. При перемешивании пластифицированного металла и приложении к нему давления вслед за инструментом происходит формирование сварного шва. По окончании сварки на поверхности детали в месте выхода инструмента остается характерный след в виде заглабления, повторяющего форму пина инструмента.

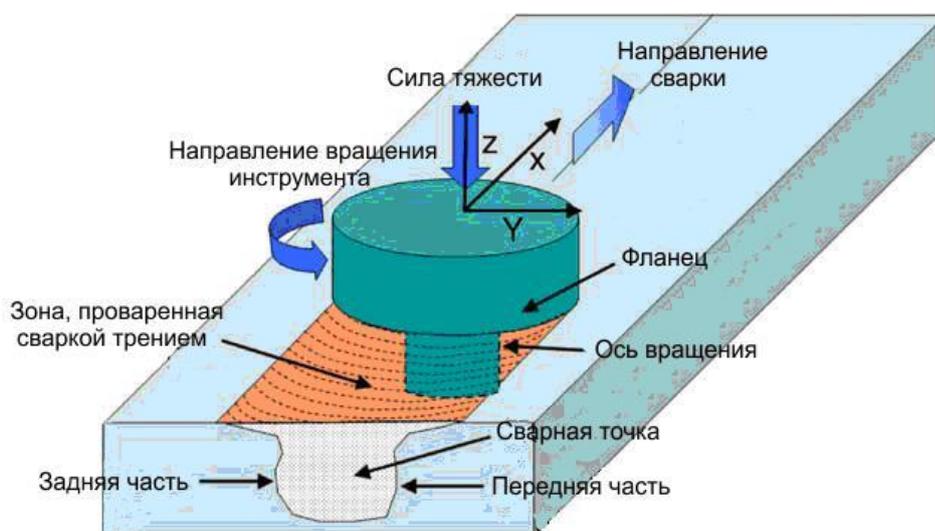


Рисунок 2.4 – Сущность сварки трением с перемешиванием

Сварка трением с перемешиванием отличается следующими преимуществами по сравнению с дуговыми способами сварки:

- возможностью соединения сплавов, которые трудно сварить при использовании традиционных способов сварки (алюминиевых сплавов с содержанием цинка и меди; дуралюминов; литейных алюминиевых сплавов);

- высокой стабильностью качества, повторяемостью параметров процесса;
- малой величиной остаточных деформаций даже при выполнении сварки протяженных швов;
- значительным упрощением технологии подготовки свариваемых деталей перед сваркой;
- высокой производительностью.
- сварной шов с плоской верхней поверхностью заподлицо со сваренными деталями имеет суммарный вес на 12% ниже традиционного сварного шва, выполненного методом дуговой сварки.

Выводы по анализу способов сварки

Применение в базовой технологии сварки неплавящимся электродом в инертном газе обладает следующими недостатками:

- 1) Малая производительность сварки;
- 2) Требуется высокая квалификация сварщика;
- 3) Высокие требования к подготовке деталей и проволоки.

Были рассмотрены альтернативные способы сварки:

- 1) сварка неплавящимся электродом в инертных газах;
- 2) плазменная сварка;
- 3) сварка трением с перемешиванием;
- 4) механизированная сварка плавящимся электродом в инертных газах.

На основании проведённого анализа предложено использовать в проектной технологии механизированную сварку плавящимся электродом в инертных газах, которая позволит повысить производительность сварки без повышения сложности и стоимости оборудования. Недостатками этого способа сварки являются:

- 1) Разбрызгивание металла;
- 2) Опасность пористости
- 3) Малая стабильность качества сварки и большое число дефектов.

Эти недостатки в проектной технологии должны быть устранены путём применения современных достижений науки и техники.

3 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ

3.1 Повышение эффективности сварки

Разрабатываемые и предлагаемые на рынке полуавтоматы для сварки и наплавки постоянно совершенствуются с целью получения швов и наплавленных валиков с оптимальными соотношениями геометрических параметров и качества металла, в том числе и околошовной зоны; снижения затрат на последующую обработку; уменьшения расхода материальных и энергетических ресурсов; уменьшения влияния на процессы сварки и наплавки сварщика-оператора [22].

Одними из первых разработок в области управляемого переноса электродного металла с использованием инверторных источников сварочного тока явились технические решения, предложенные фирмой «КЕМРПИ» (Финляндия), в виде синергетического управления. Суть этого способа управления известна и описана в работе [23]. Технологии и оборудование фирмы «КЕМРПИ» постоянно развиваются и совершенствуются.

Фирма «CLOSS» (Германия) предложила процесс сварки, получивший название «холодная сварка» Благодаря новой форме импульсов сварочного тока достигается снижение термической нагрузки на основной материал (уменьшение внесения энергии) и одновременно повышается мощность плавления сварочной проволоки и, следовательно, скорость сварки. Цикл переноса электродного металла происходит по следующему алгоритму (рис. 3.1):

- в фазе положительного основного тока происходит очищение основного материала (разрушение оксидного слоя), в материал вносится точно рассчитанное количество тепловой энергии;
- в фазе пульсации происходит отрыв капли без образования брызг;
- в фазе отрицательного основного тока (каплеобразование) дуга охватывает конец проволоки, происходит передача определенного количества тепловой энергии в сварочную проволоку, при этом сварочная ванна остывает.

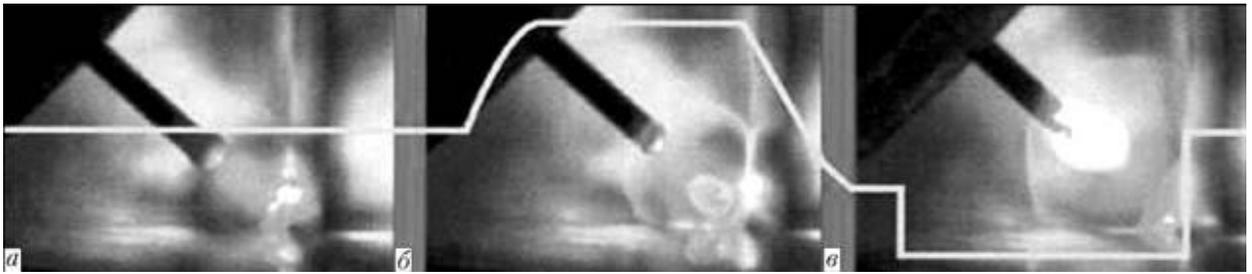


Рисунок 3.1 - Процесс управления переносом электродного металла при холодном процессе: а) фаза положительного тока; б) фаза пульсации; в) фаза отрицательного тока

К преимуществам СР сварки с указанными другими алгоритмами формирования импульсов сварочного тока следует отнести следующие: высокая скорость сварки; повышение производительности; высокое качество шва; снижение передачи тепловой энергии в материал; уменьшение тепловых деформаций; снижение риска образования трещин в зоне шва из-за перепада температур; минимум брызг расплавленного металла; отсутствие последующей обработки; возможность использования электродной проволоки большого диаметра; снижение расходов на электродную проволоку.

Широкое распространение получила технология и оборудование для сварки с использованием STT-процесса, разработанного в компании «Lincoln Electric» (США). При этом обеспечивается высококачественная полуавтоматическая сварка швов, уменьшение разбрызгивания электродного металла.

Формы кривых сварочного тока и напряжения при полуавтоматической сварке методом STT представлены на рис. 3.2. Рассмотренный процесс реализован в сварочном источнике INVERTEC STT2. Новый режим сварки – «импульс в импульсе» (Pulse-in-Pulse) – повышает степень очистки при выполнении полуавтоматической сварки алюминия и позволяет формировать сварной шов такого внешнего вида, сходного со сваркой вольфрамовым электродом.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан способ дуговой сварки с импульсной подачей, реализация которого практически гарантирует управление переносом с фазой короткого замыкания, при котором снижается уровень потерь электродного металла и затраты электроэнергии с получением швов, имеющих хорошую форму и товарный вид.

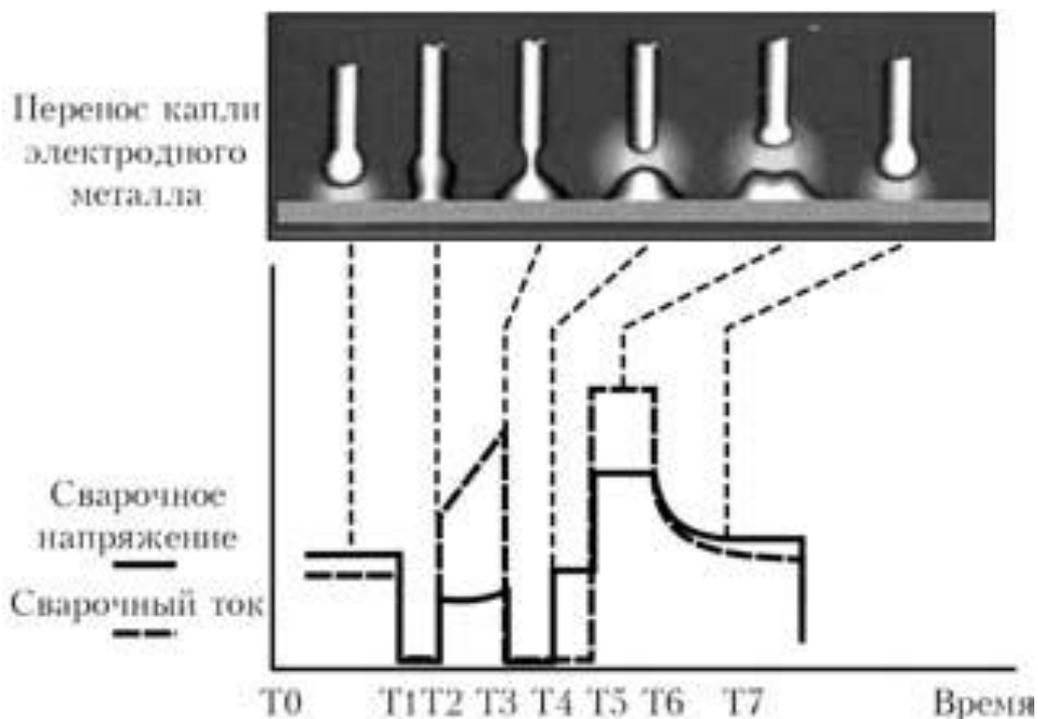


Рисунок 3.2 – Диаграммы переноса капли электродного металла при SST управлении

На рис. 3.3 представлены характерные осциллограммы скорости импульсной подачи электродной проволоки и напряжения сварки стали. Каждый перенос капли соответствует импульсу подачи при правильно подобранных параметрах импульсного движения электродной проволоки, а указанный перенос осуществляется в разных фазах импульсов для процессов сварки сталей и алюминия.

На рис. 3.4 представлены валики наплавленного металла из сплавов алюминия, полученные обычным механизированным процессом и процессом с импульсной подачей электродной проволоки. Очевидны отсутствие подрезов, регулярное формирование валиков при визуальном отсутствии включений при использовании процесса с импульсной подачей [24].

Таким образом, одним из основных направлений в совершенствовании оборудования для механизированных способов сварки алюминия и его сплавов является обеспечение возможности эффективного управляемого переноса электродного металла. При этом наивысшего эффекта можно достичь, используя совершенные источники сварочного тока инверторного типа с компьютеризированными системами управления и регулирования («Lincoln Electric», «Fronius», «CLOOS» и др.), а также результаты теоретических изысканий и разработок систем импульсной подачи электродной проволоки, проводимых в Украине и России.

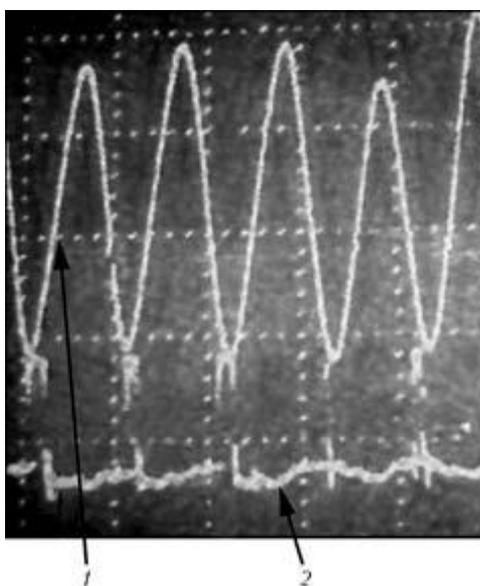


Рисунок 3.3 – Осциллограммы скорости подачи проволоки 1 и напряжения 2 при сварке с импульсной подачей

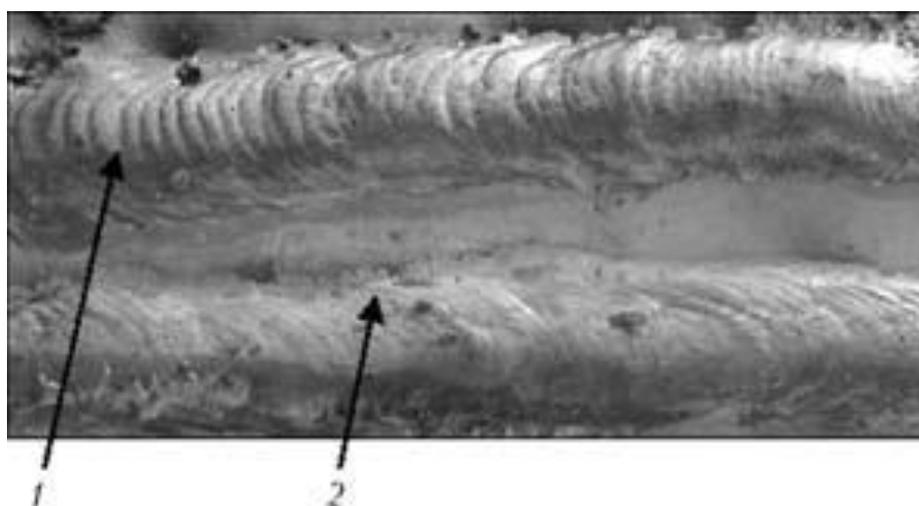


Рисунок 3.4 – Наплавка на пластины из сплавов алюминия: с импульсной подачей электродной проволоки (1) и обычной (2)

3.2 Предлагаемый способ сварки

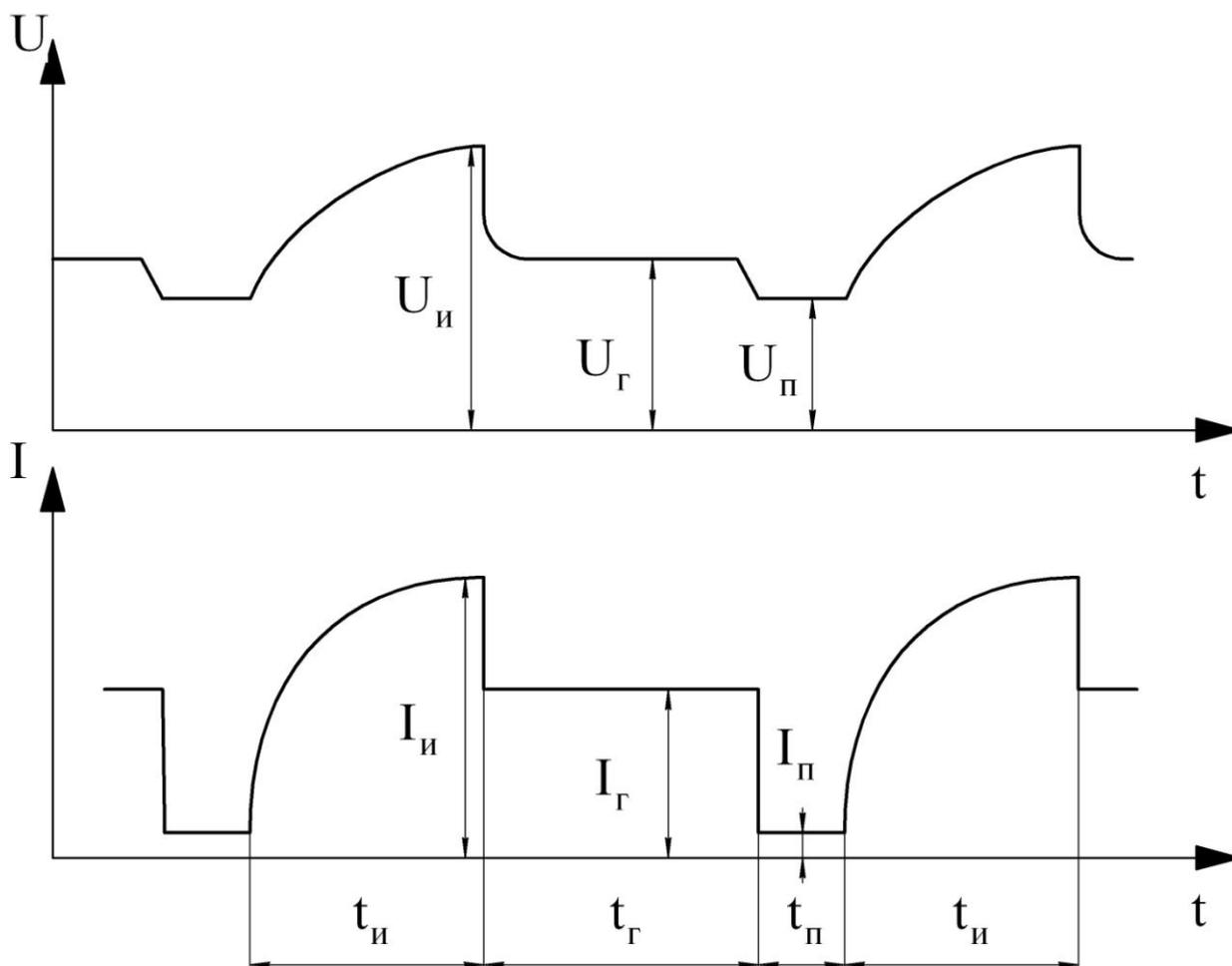
Для повышения технологических свойств дуги при механизированной сварке в инертном газе предложим использовать управляемый перенос металла [24, 25].

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.

Такое принудительное ограничение тока дуги приводит к тому, что капле расплавленного электродного металла занимает соосное с электродом положение. Это происходит потому, что при любом принудительном уменьшении тока дуги сформировавшаяся на конце электрода капля находится в условиях уменьшающегося статического давления и скорости плазменного потока. Последующее наложение импульса приводит к тому, что на каплю расплавленного электродного металла начинают действовать электродинамические силы. Действие этих сил приводит к втягиванию капли в расширяющийся столб дуги и переходу её соосно столбу дуги в сварочную ванну. Это противодействует выбросу капли за пределы сварочной ванны.

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 $I_n=(300...1200 \text{ А})$, 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 А на 1...3 мс, что уменьшает воздействие дуги на каплю и приводит к тому, что капля принимает соосное с электродом положение на его торце, далее процесс повторяют.



I - ток; U - напряжение; t - время; $I_{и}$ - ток импульса; $I_{г}$ - ток нормально горящей дуги; $I_{п}$ - ток паузы; $U_{п}$ - напряжение паузы; $U_{и}$ - напряжение импульса;

$U_{г}$ - напряжение нормально горящей дуги; $t_{и}$ - время импульса; $t_{г}$ - время горения нормально горящей дуги; $t_{п}$ - время паузы.

Рисунок 3.5 – Осциллограммы тока и напряжения при импульсном управлении сварочной дугой

Осуществление предложенного способа импульсного управления сварочной дугой обеспечивает большую квазистабильность процесса формирования капли расплавленного электродного металла, стабилизирует начальные условия при переносе электродного металла в ванну. Это улучшает качество сварных швов при сварке во всех пространственных положениях (рис. 3.6).

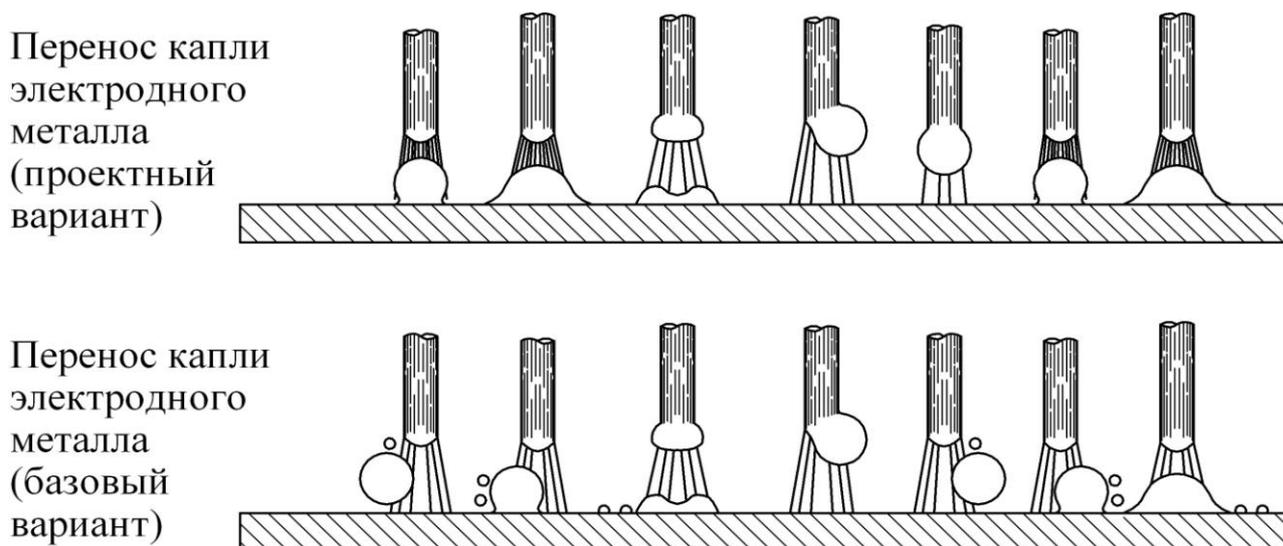
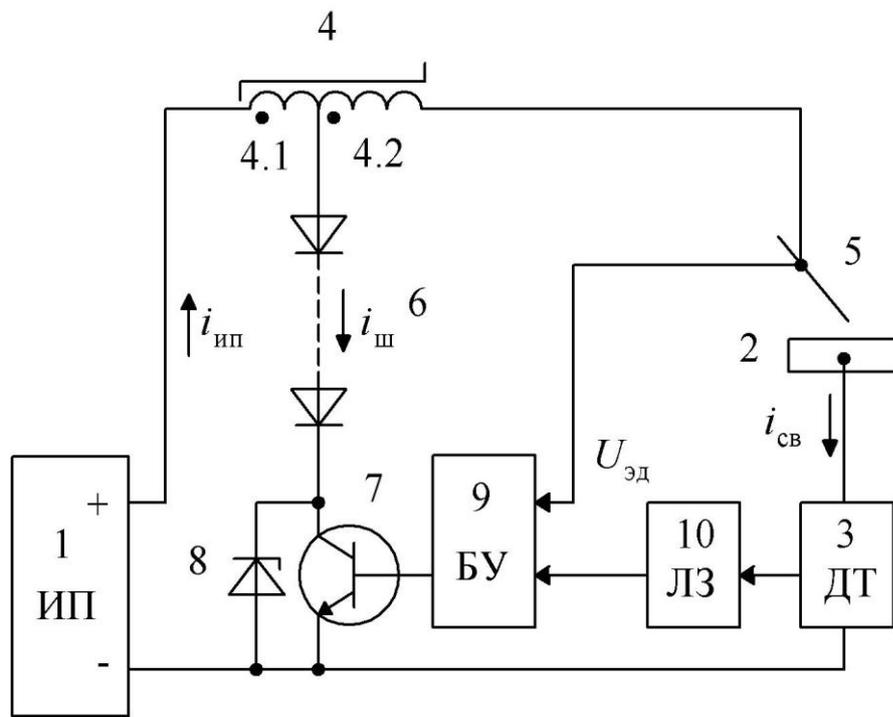


Рисунок 3.6 – Формирование капли в процессе импульсного управления сварочной дугой и при классической механизированной сварке

Предлагаемое устройство (рис. 3.7) для сварки с импульсным управлением сварочной дугой 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). 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.



- 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 3.7 – Устройство для сварки

В качестве источника питания 1 (ИП) можно использовать сварочные выпрямители общепромышленного назначения: с жесткой внешней вольтамперной характеристикой (например, ВДГ-303) - при механизированной сварке плавящимся электродом. Датчиком тока 3 (ДТ) может служить бесконтактный датчик CSLA1DJ (Honeywell), основанный на эффекте Холла. В качестве блока управления 9 (БУ) можно использовать электронное устройство на базе полупроводниковых компараторов напряжения K554CA3 (LM311) и усилителя мощности IR2110. Линия задержки 10 (ЛЗ) может быть реализована на одновибраторе CD4047.

3.3 Описание операций технологического процесса

Выбор сварочных материалов

Для выбранного способа сварки – механизированная сварка плавящимся электродом в инертных газах – необходимы сварочные материалы: сварочная проволока, защитный газ, неплавящийся электрод.

Определение перечня марок сварочных материалов проводим по нормативным документам для указанного материала и условий его эксплуатации: возможно применение проволоки Св-АМг5 или Св-АМг6 (по ГОСТ 7871). Выбираем проволоку Св-АМг5 так как стойкости к межкристаллитной коррозии не требуется.

В качестве защитного газа могут использоваться чистый аргон (ГОСТ 10157) или смесь аргона и гелия, содержащая 35...40 % аргона (ГОСТ 10157) и 60...65 % гелия (ТУ 51-940). Применим чистый аргон, который обеспечивает стабильность горения дуги.

В качестве неплавящегося электрода применим лантанированные вольфрамовые прутки по ГОСТ 23949.

Подготовка деталей

Перед сваркой место сварки зачищают, удаляя окисную пленку на ширину не менее 20 мм от места наложения сварного шва. Очистку производят механическим способом (при помощи щеток из нержавеющей проволоки).

Потом поверхность очищают химическим способом, предусматривающим выполнение следующих операций:

- обезжиривают поверхности 5%-м водным раствором едкого натра при температуре 60...80 °С в течение 2 мин;
- промывают поверхности в теплой воде с температурой не ниже 45 °С, а потом промывают с использованием холодной проточной воды;
- осветляют поверхности с применением 15%-о водного раствора азотной кислоты с температурой 60...65°С, в течение 2...5 мин;

- промывают поверхности в теплой воде с температурой не ниже 45 °С и затем в холодной воде;
- осуществляют сушку тёплым воздухом с температурой не ниже 60 °С до окончательного удаления влаги.

Сварка

Поскольку в проектной технологии применяем импульсное управление сварочной дугой при помощи предложенного оборудования, то в качестве сварочного оборудования применим выпрямитель ВДУ-506(рис. 3.8). Для подачи проволоки используем механизм подачи ПДГ 312-5 (рис. 3.9).

Сварку начинают проплавлением кратера на участке стыка деталей, после чего производят планомерное заполнение полученного кратера расплавленным металлом. Затем перемещают горелку, смещая кратер и производя его заполнение потоком расплавленного алюминия. По форме кратер напоминает каплю, которая суживается по направлению движения горелки.



Рисунок 3.8 – Выпрямитель ВДУ-506



Рисунок 3.9 - Механизм подачи ПДГ 312-5

Таблица 3.1 – 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
3 мм	1,6 мм	60...	17...	10...	35...	8...
		80 А	18 В	12 мм	40 м/ч	9 л/мин
4 мм	1,6 мм	100...	19...	12...	25...	8...
		120 А	20 В	14 мм	30 м/ч	9 л/мин

Таблица 3.2 – Параметры импульсного питания сварочной дуги

Параметр	Значение	
Ток импульса $I_{и}$	500...600 А	
Ток нормально горящей дуги $I_{г}$	Толщина 3 мм	60...80 А
	Толщина 4 мм	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	

Во время работы необходимо поддерживать заданное расстояние между электродом и свариваемым изделием. После выполнения шва необходимо заполняется расплавленным алюминием кратер. Конечную точку сварочного шва необходимо обдуть аргоном, чтобы предотвратить образование оксидной пленки на поверхности алюминиевой детали.

Таблица 3.3 – Техническая характеристика выпрямителя ВДУ-506

Параметр	Значение
Напряжение сети	380 В
Потребляемая мощность	40 кВт
Минимальный сварочный ток	50 А
Максимальный сварочный ток	500 А
Габаритные размеры	750x590x830 мм
Масса	230 кг

Таблица 3.4 – Техническая характеристика полуавтомата ПДГ 312-5

Параметр	Значение
Напряжение сети	27 В
Максимальный сварочный ток	315 А
Диаметр сварочной проволоки	0,8...1,6 мм
Количество роликов	4 шт.
Габаритные размеры	600x240x450 мм
Масса	12 кг

Контроль качества

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

Внешним осмотром могут быть обнаружены видимые дефекты — прожоги, непровары, подрезы, трещины, поверхностные поры, вольфрамовые включения, кратеры, цвета побежалости, усиление швов и тому подобные дефекты [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]. Недопустимо уменьшение фактического размера шва от заданных (номинальных) размеров [1, 3].

Подготовленные сварные соединения осматривают невооруженным глазом или с использованием лупы 4...10-кратного увеличения. Размеры сварных швов контролируют измерительным инструментом или специальными шаблонами [2]. Помимо универсального мерительного инструмента контроль размеров шва может быть произведён с применением шаблонов.

Возможность выявления дефектов может зависеть о освещенности, индивидуальных свойств зрения, яркости, цвета, угловых размеров и резкости контура дефекта, а также контраста между дефектом и поверхностью изделия [2].

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

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Оборудование сварочном участке размещено в соответствии с требованиями к обеспечению безопасных работ. Полезная площадь кабины для сварки принята не менее 3 м², высота стен составляет не менее 2 метров, зазор между стенками и полом составляет 5 см. Сварочный пост оснащён установкой вентиляции, которая осуществляет отсос сварочных газов и аэрозолей. Выполнено ограждение сварочного поста с применением металлических щитов. Пост для сварки предусматривает размещение следующего оборудования: источника питания, механизма подачи проволоки, механизма подачи защитного газа, сварочного кондуктора, вентиляции, диэлектрического коврика, горелки, газового рукава, стула сварщика, заземления, ящика для отходов.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника, который выполняет операцию технологического процесса	Применяемые устройства, оборудование, приспособления	Применяемые вещества и материалы
1	2	3	4
1. Подготовка к сварке	Электрогазосварщик	Щётка металлическая, ванна помывочная, компрессор, приспособление для сборки	Раствор едкого натра 10%, вода техническая, воздух сжатый

1	2	3	4
2. Сварка	Электрогазосварщик	Приспособление для сборки, источник питания сварочной дуги, сварочная горелка, механизм подачи электродной проволоки	Ацетон, вата, аргон, присадочная проволока
3. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	Контрольный стол, лупа, ультразвуковой дефектоскоп	Масло техническое, кисть

3.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Операция технологического процесса, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы	Источники опасных и вредных производственных факторов
1	2	3
1. Подготовка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека 	Щётка металлическая, края изделия, приспособление для сборки, механический инструмент

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

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные мероприятия и технические средства для защиты, снижения и устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок	Периодический инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.

1	2	3
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующей окраски, установка ограждений	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Периодический инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Организация заземления электрических машин и периодического контроля изоляции.	-
5. Высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Высокий уровень инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок сварки	Стенд для сварки, аппарат контроля, источник питания	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения горения и термического разложения;	замыкание на проводящие ток части технологических установок напряжения с высоким значением на оборудовании, агрегатах, изделиях и иного имущества; термохимическое воздействие огнетушащих веществ, которые используются при пожаре, на предметы и людей

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

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

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Сборка, сварка, контроль	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Сборка, сварка, контроль	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	Остатки масла	упаковки от проволоки бумажная и полиэтиленовая; металлолом; бытовой мусор.

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

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

3.6 Заключение по разделу

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

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В экономическом разделе определим затраты на материалы, электроэнергию, заработную плату, составим калькуляцию себестоимости единицы изделия (по базовому и проектному вариантам), рассчитаем годовой экономический эффект от внедрения разрабатываемого проекта в производство. В качестве базового варианта примем аргонодуговую сварку неплавящимся электродом с подачей присадочной проволоки. В проектном варианте технологии предложен новый способ механизированной сварки плавящимся электродом с импульсным управлением. Расчёты будем производить на одно обобщённое изделие, имеющего суммарную протяжённость сварных швов 20 метров.

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

№ п/п	Показатель	Усл. обозн.	Ед. измер.	Варианты	
				базовый	проектный
	1	2	3	4	5
1.	Цена материала:	C_M			
	аргон		руб./м ³	120	120
	присадочная проволока		руб./кг	300	300
	вольфрамовый электрод		руб./кг	4200	4200
	Норма расхода: аргон	H_p	м ³ /ч	0,72	0,90
	присадочная проволока		кг/изделие	0,54	0,54
	вольфрамовый электрод		кг/изделие	0,01	-
2.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	K_{T-3}	—	1,05	1,05
3.	Коэффициент доплат к основной заработной плате	K_D	—	1,88	1,88
4.	Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{доп}$	%	12	12
5.	Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{СС}$	%	34	34

	1	2	3	4	5
6.	Норма амортизационных отчислений на оборудование	H_A	%	18	18
7.	Балансовая стоимость оборудования	C_{OB}	руб.	600000	100000
8.	Мощность установки	M_y	кВт	30	40
9.	Коэффициент полезного действия	КПД	—	0,99	0,9
10.	Стоимость электроэнергии	$C_{ЭЭ}$	руб./кВт	3,75	3,75
11.	Цена площади	$C_{пл}$	руб./м ²	3000	3000
12.	Площадь, занимаемая оборудованием	S	м ²	24	24
13.	Коэф-т затрат на монтаж (демонтаж) оборудования	K_{MONT}	—	1,03	1,03
14.	Нормативный коэф-т эффективности доп. кап. вложений	E_H	—	0,33	0,33
15.	Коэф-т цеховых расходов	$K_{ЦЕХ}$	—	2,50	2,50
16.	Коэф-т заводских расходов	$K_{ЗАВ}$	—	1,50	1,50
17.	Коэф-т непроизводственных расходов	$K_{ВН}$	—	0,05	0,05
18.	Коэффициент прибыли предприятия	$K_{ПР}$	—	0,3	0,3
19.	Часовая тарифная ставка	$C_ч$	руб./час	200	200
20.	Норма машинного времени	$t_{маш}$	час	2,1	0,7

4.1 Расчёт нормы времени сварку

Расчёт норм времени ведётся по формуле:

$$T_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.1)$$

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

$t_{всп}$ – вспомогательное время, $t_{всп} = 15\%$ от $t_{маш}$;

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

$t_{\text{отл}}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{\text{всп}} = 5\%$ от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{п-з}}$ – время подготовительно-заключительное, $t_{\text{п-з}} = 2\%$ от $t_{\text{маш}}$.

$T_{\text{шт.б.}} = 2,1(1,0+0,15+0,10+0,05+0,02) = 2,772$ ч.

$T_{\text{шт.пр}} = 0,7(1,0+0,15+0,10+0,05+0,02) = 0,924$ ч.

4.2. Расчет фонда времени работы оборудования

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_{\text{н}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot C \quad (4.2)$$

где $D_{\text{р}}$ - количество рабочих дней в году;

$T_{\text{см}}$ - продолжительность смены;

$D_{\text{п}}$ - количество предпраздничных дней;

$T_{\text{п}}$ - количество часов, на которые сокращена смена в предпраздничные дни;

C - количество смен

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

Эффективный фонд времени работы оборудования:

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

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

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

Определение годовой программы выпуска:

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

$P_{\text{г.б.}} = 1890 / 0,924 = 2045$ шт.

$P_{\text{г.пр}} = 1890 / 2,772 = 681$ шт.

Принимаем для расчетов $P_{\text{г}} = 300$ шт в год.

Определение количества оборудования

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot P_{\text{г}}}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}} \quad (4.5)$$

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

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

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

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

K_{BH} – коэффициент выполнения нормы.

$$n_{PACЧ.Б} = \frac{2,772 \cdot 300}{1890 \cdot 1,1} = 0,39 \text{ ед}$$

$$n_{PACЧ.ПР.} = \frac{0,924 \cdot 300}{1890 \cdot 1,1} = 0,13 \text{ ед}$$

Принимаем по 1 единице оборудования по базовому и проектному вариантам

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) на каждой операции:

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

$$K_{З.Б} = \frac{0,39}{1} = 0,39$$

$$K_{З.ПР.} = \frac{0,13}{1} = 0,13$$

4.3 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Затраты на основные и вспомогательные материалы и полуфабрикаты:

$$M = \Sigma (Ц_M \cdot N_P \cdot K_{Т-З}), \quad (4.7)$$

где $Ц_M$ – стоимость материала;

N_P – норма расхода;

$K_{Т-З}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

$$M_B = (120 \cdot 0,72 \cdot 2,1 + 300 \cdot 0,54 + 4200 \cdot 0,01) \cdot 1,05 = 404,71 \text{ руб.}$$

$$M_{ПР.} = (120 \cdot 0,90 \cdot 0,7 + 300 \cdot 0,54) \cdot 1,05 = 237,60 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы основных производственных рабочих (ФЗП) складывается из основной и дополнительной заработной платы.

Затраты на основную заработную плату:

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

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

$t_{шт}$ – норма штучного времени, час;

K_d – коэффициент доплат к основной заработной плате.

$$Z_{осн. б.} = 200 \cdot 2,772 \cdot 1,88 = 1042,27 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн. пр.} = 200 \cdot 0,924 \cdot 1,88 = 347,42 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot \frac{K_{доп}}{100}, \quad (4.9)$$

где $K_{доп}$ – коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, %.

$$Z_{доп. б.} = 1042,27 \cdot \frac{12}{100} = 125,07 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп. пр.} = 347,42 \cdot \frac{12}{100} = 41,69 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП б = 1042,27 + 125,07 = 1167,34 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП пр = 347,42 + 41,69 = 389,11 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$O_{сс} = \frac{\Phi ЗП \cdot K_{сс}}{100}, \quad (4.10)$$

где $K_{сс}$ – коэффициент отчислений на социальные нужды.

$$O_{сс. б.} = \frac{1167,34 \cdot 34}{100} = 396,90 \text{ руб.}$$

$$O_{сс. пр.} = \frac{389,11 \cdot 34}{100} = 132,30 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э} \quad (4.11)$$

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$ – расхода на электроэнергию.

Затраты на амортизацию оборудования:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot N_A \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}, \quad (4.12)$$

где $t_{маш}$ – машинное время, час;

N_A – норма амортизации оборудования, %;

C_{OB} – балансовая стоимость оборудования, руб;

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

$$A_{\text{OB. Б.}} = \frac{600000 \cdot 18 \cdot 2,1}{1890 \cdot 100} = 120,00 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{OB. ПР.}} = \frac{100000 \cdot 18 \cdot 0,7}{1890 \cdot 100} = 6,66 \text{ руб.}$$

Расход на электроэнергию:

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

где M_y – потребляемая мощность установки, кВт;

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

КПД – коэффициент полезного действия установки;

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

$$P_{\text{ЭЭ. Б.}} = \frac{30 \cdot 2,1 \cdot 3,75}{0,99} = 238,64 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ЭЭ. ПР.}} = \frac{40 \cdot 0,7 \cdot 3,75}{0,9} = 116,67 \text{ руб.}$$

Итого затраты на оборудование

$$Z_{\text{OB. Б.}} = 120,00 + 238,64 = 358,64 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{OB. ПР.}} = 6,66 + 116,67 = 123,33 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления на производственную площадь:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{Э}}}, \quad (4.14)$$

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

S – используемая площадь, м²;

$T_{\text{шт}}$ – штучное время, час.

$$A_{\text{ПЛ. Б.}} = \frac{3000 \cdot 24 \cdot 2,772}{1890} = 105,60 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{ПЛ. ПР.}} = \frac{3000 \cdot 24 \cdot 0,924}{1890} = 35,20 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию площадей:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{эксп}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_3}, \quad (4.15)$$

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

$$P_{\text{пл. б.}} = \frac{300 \cdot 24 \cdot 2,772}{1890} = 10,56 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{пл. пр.}} = \frac{300 \cdot 24 \cdot 0,924}{1890} = 3,52 \text{ руб.}$$

Итого затраты на производственные площади:

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

$$Z_{\text{пл б}} = 105,60 + 10,56 = 116,16 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пл пр}} = 35,20 + 3,52 = 38,72 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость сварки по вариантам:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{СС}} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{пл}}. \quad (4.17)$$

$$C_{\text{ТЕХ. б.}} = 404,71 + 1167,34 + 396,90 + 358,64 + 116,16 = 2443,75 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ. пр.}} = 237,60 + 389,11 + 132,30 + 23,33 + 38,72 = 821,06 \text{ руб.}$$

4.4 Цеховая себестоимость

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХ. б.}} = 2443,75 + 2,5 \cdot 1042,27 = 5049,43 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ. пр.}} = 821,06 + 2,5 \cdot 347,4 = 1689,56 \text{ руб.}$$

4.5 Заводская себестоимость

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

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

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

$$C_{\text{ЗАВ. б.}} = 5049,43 + 1,5 \cdot 1042,27 = 6612,84 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ.ПР.}} = 1689,56 + 1,5 \cdot 347,4 = 2210,66 \text{ руб.}$$

4.6 Полная себестоимость

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

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

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

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

$$P_{\text{ВН б}} = 6612,84 \cdot 0,05 = 330,64 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ВН пр}} = 2210,66 \cdot 0,05 = 110,53 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ПОЛН.б}} = 6612,84 + 330,64 = 6943,48 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ПОЛН.пр}} = 2210,66 + 110,53 = 2321,19 \text{ руб.}$$

Таблица 4.2 – Калькуляция полной себестоимости сварки по вариантам

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
			базовый	проектный
1	Материалы	М	404,71	237,60
2	Фонд заработной платы	ФЗП	1167,34	389,11
3	Отчисления на соц. нужды	Осс	396,90	132,30
4	Расходы на оборудование	Зоб	358,64	23,33
5	Затраты на площади	Зпл	116,16	38,72
6	Себестоимость технологическая	$C_{\text{ТЕХ}}$	2443,75	821,06
7	Расходы цеховые	$P_{\text{ЦЕХ}}$	2605,68	868,50
8	Себестоимость цеховая	$C_{\text{ЦЕХ}}$	5049,43	1689,56
9	Расходы заводские	$P_{\text{ЗАВ}}$	1563,41	521,10
10	Себестоимость заводская	$C_{\text{ЗАВ}}$	6612,84	2210,66
11	Внепроизводственные расходы	$P_{\text{ВН}}$	330,64	110,53
12	Себестоимость полная	$C_{\text{ПОЛН}}$	6943,48	2321,19

4.7 Расчет капитальных затрат для осуществления технологического процесса

Расчет затрат на оборудование:

$$K_{\text{ОБ}} = C_{\text{ОБ}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.22)$$

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

$$K_{\text{ОБ. Б.}} = 600000 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 648900 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБ. ПР.}} = 100000 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 108150 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на площадь, необходимую для осуществления технологического процесса:

$$K_{\text{ПЛ}} = S \cdot C_{\text{ПЛ}}. \quad (4.23)$$

$$K_{\text{ПЛ. Б.}} = 24 \cdot 3000 = 72000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ПЛ. ПР.}} = 24 \cdot 3000 = 72000 \text{ руб.}$$

Общие капиталовложения:

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{ПЛ}}. \quad (4.24)$$

$$K_{\text{ОБЩ. Б.}} = 648900 + 72000 = 720900 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ. ПР.}} = 108150 + 72000 = 180150 \text{ руб.}$$

Удельные капиталовложения:

$$\hat{E}_{\text{ОА}} = \frac{\hat{E}_{\text{АУ}}}{\bar{I}_{\text{А}}}, \quad (4.25)$$

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

$$K_{\text{УД. Б.}} = \frac{720900}{300} = 2403 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{УД. ПР.}} = \frac{180150}{300} = 600,50 \text{ руб.}$$

Дополнительные капиталовложения:

$$\Delta K = K_{\text{ОБЩ. ПР.}} - K_{\text{ОБЩ. Б.}} \quad (4.26)$$

$$\Delta K = 720900 - 180150 = 540750 \text{ руб.}$$

4.8 Расчет экономической эффективности

Показатель снижения трудоемкости:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{шт.б.}} - t_{\text{шт.пр.}}}{t_{\text{шт.б.}}} \cdot 100\% , \quad (4.27)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{2,772 - 0,924}{2,772} \cdot 100\% = 67\% .$$

Показатель снижения себестоимости:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}}{C_{\text{тех.б.}}} \cdot 100\% , \quad (4.28)$$

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{2443,75 - 821,06}{2443,75} \cdot 100\% = 66\% .$$

Условно-годовая экономия:

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{полн. б.}} - C_{\text{полн. пр.}}) \cdot \text{Пг} . \quad (4.29)$$

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (6943,48 - 2321,19) \cdot 300 = 1386687 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект в сфере производства:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = [(C_{\text{полн. б.}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд. б.}}) - (C_{\text{полн. пр.}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд. пр.}})] \cdot \text{Пг} . \quad (4.30)$$

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = [(6943,48 + 0,33 \cdot 2403,00) - (2321,19 + 0,33 \cdot 600,50)] \cdot 300 = 1165134 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_{\text{уг}}} = \frac{K_{\text{общ. пр.}} - K_{\text{общ. б.}}}{\mathcal{E}_{\text{уг}}} . \quad (4.31)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{540750}{1386687} = 0,39 \text{ года.}$$

4.9 Вывод по экономическому разделу

За счёт снижения трудоёмкости на 67 % при внедрении проектной технологии себестоимость сварки снижается на 66 %. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 1,1 млн. рублей. Следовательно, разработанная технология экономически эффективна и может быть применена в производство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки корпуса катера из сплава АМг5.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) произвести анализ и выбор способа сварки листовых конструкций из алюминиевых сплавов;
- 2) предложить методы повышения эффективности выбранного способа применительно к рассматриваемому изделию;
- 3) составить проектную технологию сварки;
- 4) произвести экологическую экспертизу проектной технологии;
- 5) оценить экономическую эффективность предлагаемых решений.

При решении первой задачи были рассмотрены сварка неплавящимся электродом в инертных газах; плазменная сварка; сварка трением с перемешиванием; механизированная сварка плавящимся электродом в инертных газах. Принято решение в проектной технологии применить механизированную сварку плавящимся электродом в инертных газах.

При решении второй задачи были рассмотрены научные работы в области повышения эффективности MIG варки алюминиевых сплавов. Принято решение использовать импульсное управление сварочной дугой, предложено оборудование для осуществления этого управления.

При решении третьей задачи была составлена проектная технология сварки изделия.

При решении четвертой задачи рассмотрены опасные и вредные факторы, сопровождающие внедрение проектной технологии и предусмотрены меры защиты от них.

При решении пятой задачи доказана экономическая эффективность предлагаемых решений, годовой экономический эффект составит порядка 1,1 млн. рублей.

На основании вышеизложенного цель выпускной квалификационной работы может считаться достигнутой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Николаев, Г. А. Сварка в машиностроении / Г. А. Николаев. – М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.;
2. Гуревич, С. М. Справочник по сварке цветных металлов / С. М. Гуревич. – Киев : Изд-во «Наукова думка», 1981. – 608с.
3. Рабкин, Д. М. Сварка алюминия и его сплавов / Д. М. Рабкин, В. Г. Игнатъев, И. В. Довбищенко. – Киев: Изд-во "Наукова думка", 1983. – 80 с.
4. Никифоров. Г. Д. Металлургия сварки плавлением алюминиевых сплавов / Г. Д. Никифоров. – М.: Машиностроение, 1972. – 260 с.
4. Рубинчик, Ю. Л. Механизированная сварка корпусных конструкций из алюминиевых сплавов / Ю. Л. Рубинчик. – Л.: Судостроение, 1974. – 135 с.
6. Ambriz R.R., Jaramillo D. Mechanical Behavior of Precipitation Hardened Aluminum Alloys Welds // InTech. – 2014. – P. 35–58.
7. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Изд-во "Машиностроение", 1974. – 768 с.
8. Ситявин, Ю. И. Структура и свойства сварных швов алюминиевых сплавов в зависимости от некоторых факторов технологии сварки / Ю. И. Ситявин, Ю. С. Терминасов, Г. Л. Зубриенко // Сварочное производство. – 1979. – №8. – С. 28-29.
9. Юсуфова, З. А. О механизме разрушения окисных плён в стыке при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов / З. А. Юсуфова // Сварочное производство. – 1979. – № 10. – С. 25-26.
10. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.]; под ред. Ю.В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 400 с.
11. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П.

Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.

12. Сидоров, В.П. Влияние способов подачи плазмообразующего газа на пятно нагрева при сварке сжатой дугой / В.П. Сидоров, Г.М. Короткова, И.С. Забияка, С.А. Хурин, В.А. Троицкий // Вестник науки ТГУ. - № 3. – 2012. – С. 97-101

13. Киселев, Г.С. - Разработка технологии плазменной сварки алюминиевого сплава АМг5 с импульсной подачей плазмообразующих газов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.10 / Глеб Сергеевич Киселёв ; Тульский государственный университет. – Тула, 2010. – 192 с.

14. Щицин, Ю.Д. Распределение энергии в сжатой дуге при работе плазмотрона на токе прямой и обратной полярности / Ю.Д. Щицин, О.А. Косолапов, Н.Н. Струков // Вестник ТГПУ. – Т. 12, № 2. – 2010. – С. 8–14.

15. Ельцов В.В. Ремонтная сварка и наплавка изделий из сплавов магния и алюминия трехфазной дугой: дис. ... докт. техн. наук : 05.03.06 / Валерий Валентинович Ельцов ; Тольяттинский государственный университет. – Тольятти, 2002.

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

17. 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.

18. Котлышев, Р.Р. Механизм образования соединения и особенности технологии сварки алюминиевых сплавов трением с перемешиванием: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.10 / Роман Рефатович Котлышев ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону, 2010. – 145 с.

19. Сизова, О.В. Разрушение стыковых соединений алюминиево-магниевого сплава, выполненных способом сварки трением с перемешиванием / О.В. Сизова и др. – Обработка металлов. – № 3. – 2014. – С. 14–20.

20. Покляцкий, А.Г. Особенности формирования структуры швов при сварке алюминиевых сплавов трением с перемешиванием. – Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции. – Белгород: ИП Петрова М.Г., 2014. – С. 145–152.

21. Сафин, В.Н. Отработка технологии сварки трением с перемешиванием для соединения труб из алюминиевых сплавов / В.Н. Сафин, И.А. Щуров, В.Б. Федоров. – Вестник ЮУрГУ. – 2012. - № 33. – С 117–121.

22. Лебедев, В. А. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла / В. А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С. 45–53.

23. Воропай, Н. М. Особенности импульсно-дуговой сварки с синергетическим управлением параметрами режимов / Н. М. Воропай, В. М. Илюшенко, Ю. Н. Ланкин // Автоматическая сварка. – 1999. – № 6. – С. 26–32.

24. Патон Б. Е., Лебедев В. А., Микитин Я. И. Способ комбинированного управления процессом переноса электродного металла при механизированной дуговой сварке / Б. Е. Патон, В. А. Лебедев, Я. И. Микитин // Сварочное производство. – 2006. – № 8. – С. 27–32.

25. Способ сварки : пат. № 2191665 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/09 / А. Ф. Князьков, В. Т. Федько, А. Г. Крампит [и др.]; заявл. 28.11.2000 ; опубл. 27.10.2002, Бюл. № 30. – 6 с.

26. Способ дуговой сварки с управляемым переносом электродного металла и устройство для его осуществления : пат. № 2359796 Рос. Федерация : МПК В23К9/173, В23К9/095 / А.С. Киселёв,

А. С. Гордынец, Р. И. Дедюх; заявл. 07.04.2008; опубл. 27.06.2009, Бюл. № 18. – 18 с.

27. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.

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

29. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

30. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

31. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

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

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