

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 и оборудование для изготовления корпуса прогулочного речного катера

Обучающийся

Р.Т. Галимов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. доцент К.В. Моторин

(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 корпуса прогулочного речного катера из алюминиевых сплавов.

Выполнен анализ сплава АМг5, из которого изготовлен корпус катера. Сформулированы трудности при сварке, которые затрудняют проведение сварочных технологий и расширение области их использования.

Применение ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом при осуществлении базовой технологии обуславливает недостатки: низкая производительность сварочных работ, высокие требования к квалификации сварщика, низкая экономическая эффективность базовой технологии.

На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области импульсного управления сварочной дугой.

Производительность труда повышается на 25 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 20 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 471 тыс. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по изготовлению корпусов судов из алюминиевых сплавов.

Настоящая выпускная работа показала эффективность замены аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением горением сварочной дуги. Таким образом, область внедрения работы может быть расширена.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние применения сварки изготовлении корпуса речного катера из алюминиевых сплавов.	7
1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления корпуса катера.	9
1.3 Описание базовой технологии сварки.	12
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	20
2 Построение проектной технологии сварки корпуса речного катера.	21
2.1 Предварительный анализ источников научно-технической информации и обоснование выбора способа сварки.	21
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов проволокой сплошного сечения.	28
2.3 Описание операций технологического процесса.	33
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.	59

Введение

Как показывают результаты анализа статистики по применению материалов в судостроении [17], всё большее применение при изготовлении морских и речных судов получают алюминиевые сплавы. Применение алюминиевых сплавов вместо сталей позволяет существенно снизить общую массу судна и повысить ходовые характеристики. Также применительно к судам следует учесть положительное влияние применения алюминия на общую плавучесть и устойчивость судна, так как не только уменьшается масса его надводной части, но и существенно снижается положение центра тяжести. Также следует принять во внимание высокую коррозионную стойкость алюминиевых сплавов и их немагнитность.

При изготовлении судов из алюминиевых сплавов может применяться сварка и клепка. Изготовление клёпанных соединений, которое было распространено ранее, требует проведения трудоёмких работ, и, как показала практика использования таких судов, клёпанные соединения отличаются недолговечностью.

Наиболее широко в настоящее время алюминиевые сплавы применяются при изготовлении малотоннажного речного и морского транспорта [16].

Судостроение становится основным потребителем инноваций в области сварки и конструкционных материалов. При этом, наряду с космической отраслью, именно в судостроении применяется лазерная сварка, сварка трением с перемешиванием, плазменная сварка. Также в судостроении начинает применяться сложный алюминиевый профиль и алюминиевые панели. Перспективными следует признать применение биметаллических конструкций типа «сталь-алюминий» [18].

При выборе сплава для изготовления речного и морского судна следует принимать во внимание, что требования к материалу будут отличаться по сравнению с материалами для авиационной промышленности.

Преимущества алюминиевых сплавов обуславливают эффективность их применения в транспортных конструкциях. Несмотря на то, что выполнение конструкции из алюминиевых сплавов сопряжено с усложнением технологии, повышением стоимости оборудования и себестоимости конструкции, достигается значительная экономия топлива, повышается экологичность использования транспорта и его технические характеристики. Это объясняется тем, что алюминиевые сплавы имеют высокую коррозионную стойкость, малый вес и хороший внешний вид. Отношение предела прочности и текучести к плотности алюминиевых сплавов существенно выше, чем у чугуна и сталей.

Кроме того, вторичное использование утилизируемых деталей из алюминия также проще, чем вторичное использование деталей из сталей, а тем более, из пластмасс. Таким образом, благодаря применению алюминиевых сплавов решаются актуальные задачи ресурсосбережения и энергосбережения [4].

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 [9], [10], [20], [21], [24]. Эти трудности проистекают из особенностей свойств алюминиевых сплавов по сравнению с другими конструкционными материалами.

В качестве первой трудности следует указать, что алюминиевые сплавы имеют высокую теплопроводность, что вызывает получение значительного уровня остаточных напряжений и деформаций, которые становятся причиной коробления конструкции и образования в ней трещин. В качестве второй трудности следует указать повышенный по сравнению со сталями коэффициент термического напряжения, что также становится причиной коробления конструкции и появления в ней трещин. В качестве третьей трудности следует указать на то, что поверхность алюминиевых заготовок покрыта окисной плёнкой, которая имеет высокую температуру плавления,

превышающую температуру плавления основного металла, в результате этого при сварке шов загрязняется окисными пленами. Кроме того, необходимо принимать во внимание, что окисные плёны имеют более высокую плотность, чем расплавленный алюминий, поэтому не остаются на поверхности сварочной ванны, а тонут в ней. В качестве четвертой трудности следует указать, что расплавленный алюминий активно растворяет в себе газы, которые интенсивно выходят из него при кристаллизации, что приводит к образованию пористости, которая становится серьёзной проблемой при сварке алюминиевых сплавов. В качестве пятой трудности следует указать, что все алюминиевые сплавы имеют провал прочности при нагреве, в результате чего форма сварного шва теряет стабильность, а также повышается вероятность получения горячих трещин.

Из-за действия перечисленных выше затруднений при сварке конструкций из алюминиевых сплавов прочность сварного соединения не достигает прочности основного металла и составляет всего 60...70 % от прочности основного металла.

Повышению эффективности выполнения сварных алюминиевых конструкций посвящены исследования отечественных и зарубежных учёных: В. К. Лебедев, Э. А. Гладков, В. И. Столбов, И. И. Заруба, В. П. Сидоров, Г.И. Лесков, Д. М. Рабкин, Д. А. Дудк, Д. М. Погребницкий, А. Г. Покляцкий, Ю. В. Казаков.

До настоящего момента не разрешены трудности, которые сопровождают выполнение сварки конструкций из алюминиевых сплавов и не позволяют повысить производительность технологических операций.

Исходя из этого следует признать актуальной поставленную цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении корпуса речного катера из алюминиевых сплавов.

1 Современное состояние применения сварки изготовлении корпуса речного катера из алюминиевых сплавов

1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия

На рисунке 1 представлена схема выполнения сварных соединений при изготовлении корпуса катера из алюминиевого сплава. При изготовлении применяются листовые заготовки толщиной 2,5...5 мм в зависимости от места расположения и величины расчётных нагрузок. Применение алюминиевых сплавов для изготовления корпуса рассматриваемого катера позволяет уменьшить его массу на 30 %.

Основными элементами корпуса катера, которые выполнены из алюминиевого сплава, являются усиление палубы (обозначено на рисунке позицией 1), носовая оконечность киля (обозначена на схеме позицией 2), носовая стойка (обозначена на схеме позицией 3), усиление днища (обозначена на схеме позицией 4), кница (обозначена на схеме позицией 5) и кормовая стойка (обозначена на схеме позицией 6). Основными швами, выполнение которых отвечает за жёсткость конструкции, являются сварной шов усиления кормы (обозначен на схеме № 1), шов стойки (обозначен на схеме № 2) и шов крепления стойки на форштевне (обозначен на схеме № 3).

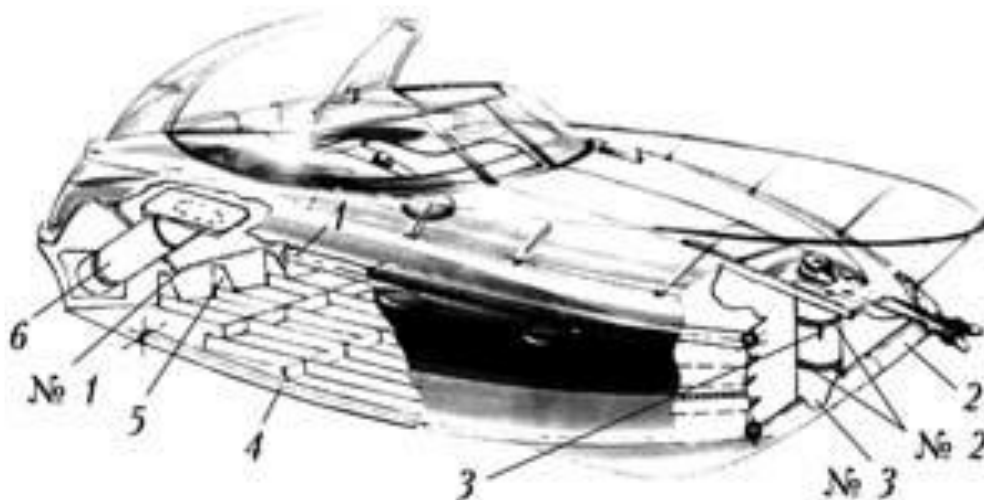


Рисунок 1 – Схема выполнения сварных соединений на корпусе катера

При эксплуатации катера следует принимать во внимание, что повышение жёсткости конструкции катера из алюминиевого сплава сочетается со снижением местной жёсткости самого материала. Поэтому по сравнению с судами традиционной конструкции корпус катера менее стоек по отношению к ударным нагрузкам, которые вызывают местную деформацию корпуса и разрывы обшивки.

1.2 Сведения о материале для изготовления корпуса катера

Для изготовления судовых конструкций предъявляются следующие требования к сплаву [18].

Материал корпуса 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, при этом следует учитывать, что коррозионная активность среды повышается при высоких скоростях движения судна.

Поскольку корпус катера 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.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается сварка корпуса катера из алюминиевого сплава АМг5, содержание химических элементов в котором приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в сплавке 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

Содержание в сплаве магния позволяет повысить его прочность.

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 сплавке 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.

Следует отметить ряд факторов, которые существенно усложняют сварку конструкций из алюминиевых сплавов и ограничивают их применение в промышленности.

Первым фактором является образование на поверхности деталей окисной плёнки алюминия. При температуре плавления основного металла порядка 660 °С эта плёнка начинает плавиться только при 2050 °С. Т.е. наблюдается значительная разница в температурах плавления оксидной пленки и основного металла. По этой причине оксидная пленка не расплавляется в сварочной ванне, а загрязняет её. Также из-за того, что плотность пленки выше, чем плотность расплавленного металла, она тонет в сварочной ванне, а не собирается на поверхности.

Вторым фактором следует указать потерю прочности алюминиевых сплавов при высоких температурах. По этой причине наблюдается

провисание и провал сварочной ванны, вытекание расплавленного металла в зазор. Также следует принимать во внимание, что переход алюминия из твёрдого состояния в жидкое не происходит изменения его цвета, в результате чего сварщику становится трудно обеспечить пространственную стабильность сварочной ванны, особенно при выполнении тонкостенных конструкций.

Третьим фактором является значительный по сравнению со сталями коэффициент термического расширения, что становится причиной образования повышенного уровня остаточных напряжений и деформаций. При сварке деталей из алюминиевых сплавов это может стать причиной коробления и появления трещин. Кроме того, при сварке алюминиевых сплавов приходится бороться с образованием кратеров.

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

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

Перечисленные факторы до настоящего времени продолжают определять особенности технологии производства сварных конструкций из алюминиевых сплавов. Нерешённые затруднения сварки алюминиевых сплавов ограничивают расширение их применения в промышленности при использовании традиционных способов сварки.

1.3 Описание базовой технологии сварки

На предприятие полуфабрикаты из алюминиевого сплава АМг5М поступают в виде листов и профильного проката. На рисунке 2 представлен поступающий и хранящийся на складе прокат из алюминиевых сплавов.

Для изготовления заготовок из листов применяется резка фрезерованием на станке Volter PL3020, который представлен на рисунке 3. Подгонку элементов при сборке выполняют плазменной ручной резкой, как показано на рисунке 4. Точность реза заготовок должна быть 0,5 мм.

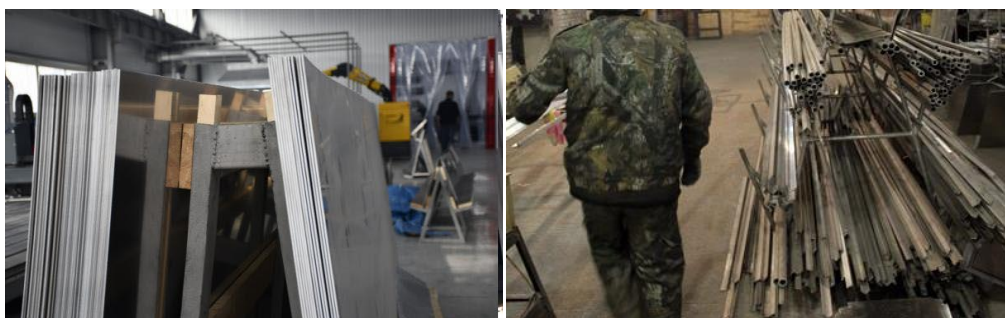


Рисунок 2 – Полуфабрикаты из алюминиевых сплавов



Рисунок 3 – Резка заготовок и листового алюминия



Рисунок 4 – Применение ручной плазменной резки для деталей сложной формы

После вырезки заготовок выполняют их гибку на гидравлическом листогибочном прессе IronMac, операция гибки представлена на рисунке 5. После гибки выполняют подгонку листовых заготовок обрезанием при помощи ножниц, как показано на рисунке 6.

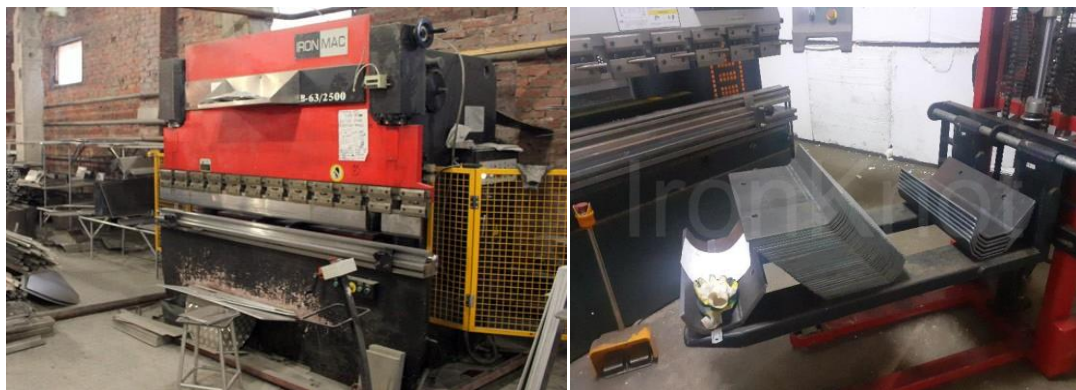


Рисунок 5 – Гибка листовых заготовок



Рисунок 6 – Подрезание краев заготовок при подгонке

Для того, чтобы снизить вредное действие оксидов при сварке алюминиевых сплавов и загрязнений на поверхности заготовок выполняют подготовку поверхности перед сваркой. Место сварки следует зачистить, удаляя окисную плёнку. Для этого применяют металлическую щётку с щетиной из нержавеющей проволоки диаметром не более 0,15 мм. Далее чистку поверхности выполняют при помощи химических средств.

Обезжиривание поверхности проводят раствором едкого натра концентрацией 5 %, температура раствора составляет 60 °С. Длительность обработки составляет 2 минуты.

Далее выполняют промывку поверхности теплой водой при температуре не ниже 45 °С, а потом с использованием проточной холодной воды. При помощи раствора азотной кислоты концентрацией 15 % проводят осветление поверхности деталей в месте сварки, длительность воздействия кислоты на поверхность составляет 2...5 минуты.

Далее выполняют промывку поверхности деталей теплой водой и сушку подогретым сжатым воздухом.

Между подготовительными работами и сваркой должно пройти не более 1 суток, в противном случае необходимо повторить процедуру подготовки поверхности.

Присадочная проволока перед выполнением сварки должна подвергнуться осмотру с целью проверки состояния её поверхности. Проволока должна иметь поверхность без загрязнений, не иметь трещин, закатов, вмятин. Также на проволоке не допускаются резкие перегибы и расслоения. Качество поверхности проволоки следует проверять визуально без применения дополнительных оптических приборов.

Перед сваркой присадочную проволоку следует очистить химическим методом. После очистки хранение проволоки на воздухе допускается не более 12 часов. При использовании герметичной тары срок хранения проволоки может быть увеличен до 36 часов.

После очистки заготовки поступают на участок сборки и сварки. Сборку и сварку катера проводит один мастер-сварщик, которому помогают два вспомогательных рабочих. Для сборки применяются стапели и струбины. Сборка выполняется с применением прихваток. Приспособление для сборки представлено на рисунке 7. Первоначально выполняют прихватку и сварку днища картера, как это показано на рисунке 8.

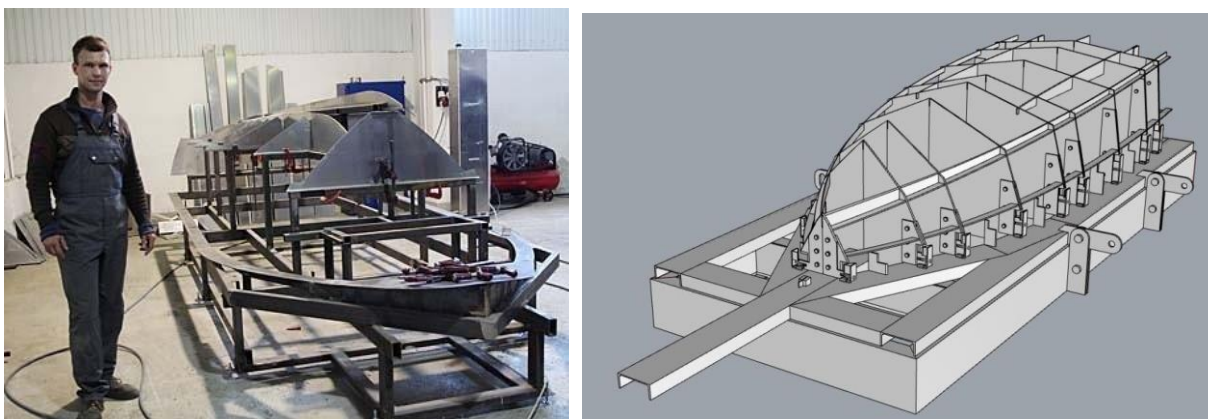


Рисунок 7 – Сборка элементов малогабаритного судна на стапелях



Рисунок 8 – Прихватка и сварка днища катера

Далее к днищу катера прихватывают и приваривают борта транец, что позволяет получить заготовку корпуса и обеспечить его необходимую геометрию. Далее прихватывают и приваривают киль и реданы. Приварку киля и реданов выполняют короткими швами длиной 150...200 мм с расстоянием 250...300 мм. Такие короткие швы позволяют снизить трудоёмкость выполнения работ, стоимость и массу конструкции. Также следует принимать во внимание, что сварка непрерывным швом приводит к увеличению остаточных напряжений и деформации в конструкции.

После выполнения сварки с внешней стороны корпуса катера конструкцию переворачивают на 180° и выполняют сварки с внутренней стороны корпуса катера.

Устанавливают и приваривают короткими швами стрингеры, шпангоуты и переборки, как это показано на рисунке 9. Далее выполняют установку, прихватку и приварку палубы, фальшбортов, рецесса и релингов.



Рисунок 9 – Установка и приварка элементов с внутренней стороны корпуса



Рисунок 10 – Приварка палубы, фальшбортов, рецесса и релингов

Непосредственно перед сваркой проводят обезжиривание поверхности деталей с использованием ацетона.

В качестве защитного газа применяется аргон согласно ГОСТ 10157, поставка которого осуществляется в баллонах под давлением 15 МПа. В каждом баллоне содержится 6,2 кубических метра газа. Поверхность баллонов для хранения аргона окрашивается в серый цвет, надпись «аргон» выполняется зелёным цветом.

В качестве присадочной проволоки применяется проволока Св-АМг5 диаметром 3 мм. В качестве сварочного неплавящегося электрода применяется пруток из лантанированного вольфрама диаметром 4 мм.

Питание сварочной дуги обеспечивается источником Aurora Pro TIG 200 AC/DC Pulse, который представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Сварочный источник питания Aurora Pro TIG 200 AC/DC Pulse

Сварку ведут на переменном токе, сила тока составляет 150...170 А. Расход аргона при помощи газовой аппаратуры устанавливают и поддерживают в диапазоне 10...12 литров в минуту. Скорость сварки составляет порядка 8 метров в час.

В процессе выполнения сварных швов следует особое внимание уделить соблюдению правильной техники сварки. Между присадочной проволокой и неплавящимся электродом следует поддерживать угол 90° . Подачу присадочной проволоки выполняют короткими возвратно-поступательными движениями. При ведении электрода нельзя допускать его колебаний. Длина дуги при сварке составляет 1,5...2,5 мм при вылете 1...1,5 мм. Сварку следует вести справа налево, что позволяет уменьшить перегрев основного металла.

После сварки зачищают усиление сварного шва, чтобы высота над уровнем основного металла не превышала 1 мм.

Далее следует выполнить контроль качества сварного шва. Проводят визуальный контроль и ультразвуковой контроль сварного шва. Визуальный контроль проводят на 100 % сварных швов. Ультразвуковой контроль проводят на участках, вызывающих подозрение по результатам визуального контроля.

Недопустимыми дефектами являются: газовая пористость, оксидные плены, вольфрамовые включения, трещины и прожоги, наплывы, незаваренные кратеры, непровары, подрезы и вывод кратера на основной металл.

Для проведения визуального контроля применяется набор ВИК-2, который представлен на рисунке 12 и включает в себя: металлические линейки, штангенциркуль с глубиномером, универсальный шаблон сварщика, набор луп, фонарик, инструкцию РД 03-606-03, металлический угольник, щупы и радиусные шаблоны, маркер по металлу.

Для ультразвукового контроля применяется дефектоскоп УД 2-102, представленный на рисунке 13.



Рисунок 12 – Набор для проведения визуального контроля



Рисунок 13 – Ультразвуковой дефектоскоп УД 2-102

В случае обнаружения недопустимого дефекта следует провести переварку дефектного места, при этом на одном месте допускается не более двух ремонтных сварок.

Базовая технология сварки имеет ряд недостатков, частичному или полному устранению которых будет посвящена настоящая выпускная квалификационная работа.

В качестве первого недостатка следует указать малую производительность выполнения сварочных работ, от которой зависит количество сварочных постов, штатный состав и годовая программа выпуска изделий. Увеличение количества выпускаемых катеров приводит к неминусемому пропорциональному увеличению количества оборудования, требуемых площадей и работников.

В качестве второго недостатка следует указать необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации, так как качество и свойства сварного шва при ручной аргонодуговой сварке очень сильно зависят от квалификации сварщика.

Третьим недостатком является высокая стоимость сварочного оборудования.

Таким образом, повышение эффективности сварочного производства при изготовлении катеров из алюминиевых сплавов не будет достигнуто, если не заменить способ сварки на более производительный и экономически оправданный.

Изменение способа сварки с сохранение качества, присущего правильно проведённой аргонодуговой сварке, будет возможно при условии применения современных разработок в области управления сварочными процессами.

Также изменение способа сварки повлечёт за собой значительные коррективы в технологический процесс сборки и сварки. Т.е. потребуются составить проектный технологический процесс.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении корпуса речного катера из алюминиевых сплавов.

Выполнен анализ сплава АМг5, из которого изготовлен корпус катера. Сформулированы трудности при сварке, которые затрудняют проведение сварочных технологий и расширение области их использования.

Применение ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом при осуществлении базовой технологии обуславливает недостатки:

- низкая производительность сварочных работ;
- высокие требования к квалификации сварщика;
- низкая экономическая эффективность базовой технологии.

Предварительный анализ недостатков базовой технологии позволяет сформулировать задачи выпускной квалификационной работы.

Первой задачей является обоснование выбора способа сварки. При этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений. Далее необходимо предложить способ сварки, который будет использован для построения проектной технологии.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции на основании разработок, проведённых отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками.

Третьей задачей является построение проектной технологии сварки. Необходимо будет привести перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

2 Построение проектной технологии сварки корпуса речного катера

2.1 Предварительный анализ источников научно-технической информации и обоснование выбора способа сварки

Выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки алюминиевых сплавов с применением рассматриваемых способов сварки.

В работе [23] представлены мероприятия по повышению эффективности плазменной сварки листовых конструкций из алюминиевых сплавов с применением плазменной сварки. Исследован процесс плазменной варки на токе обратной полярности, исследован баланс тепла и распределение нагрева между анодом и катодом.

Результаты этой работы позволяют судить о высокой эффективности плазменной сварки при построении технологии сборки и сварки рассматриваемой конструкции.

В работе [2] представлены результаты разработки технологии плазменной сварки плазменной дугой током обратной полярности с одновременной подачей присадочной проволоки, алюминиевых сплавов АМг5 толщиной 2 мм.

Результаты этой работы позволяют судить о высокой эффективности плазменной сварки при построении технологии сборки и сварки рассматриваемой конструкции.

В работах [8], [15] рассмотрена возможность повышения эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов проволокой сплошного сечения. Для этого предложено выполнять импульсную подачу сварочной проволоки, что позволяет существенно повысить качество и улучшить внешний вид сварного шва

Результаты этой работы позволяют судить о высокой эффективности механизированной сварки проволокой сплошного сечения при выполнении сварных конструкций из алюминиевых сплавов.

В работах [7], [12], [22] показана эффективность применения трёхфазной дуги переменного тока для сварки и наплавки деталей из алюминиевых сплавов.

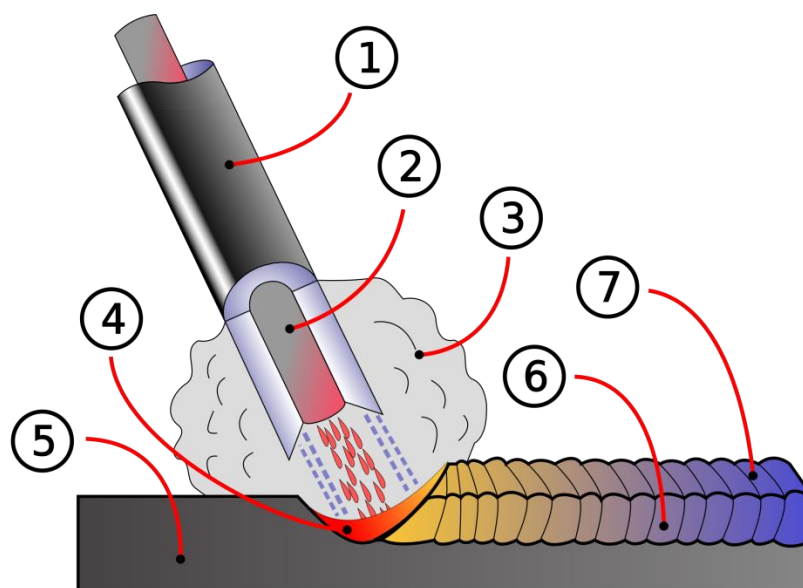
На основании проведённого анализа свойств материала изделия и предварительного обзора источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки листовых деталей из алюминиевых сплавов для построения проектной технологии целесообразно рассмотреть следующие способы сварки:

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

На рисунке 14 представлена схема выполнения ручной дуговой сварки, которая в случае изготовления конструкций из алюминиевых сплавов ведётся на постоянном токе обратной полярности. Для сварки применяются электроды диаметром не менее 4 мм, так как сварка электродами меньшего диаметра затруднена из-за высокой скорости плавления электрода. Сварку необходимо выполнять в нижнем положении, так для других положений детали сложно обеспечить удержание сварочной ванны и её газовую защиту [19].

В качестве источников питания применяют выпрямители или генераторы, которые имеют падающую вольтамперную характеристику. Сварку следует выполнять короткой дугой при наклоне электрода порядка 60...80 градусов. Такой наклон электрода помогает улучшить визуальный

контроль сварщиком за формированием сварочной ванны. Как правило, выполнять колебания электрода не следует.



1 – покрытие электрода, 2 – стержень электрода, 3 – газовая защита, 4 – сварочная ванна, 5 – основной металл, 6 – наплавленный металл, 7 – шлак

Рисунок 14 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

Сварка покрытыми электродами алюминия, несмотря на универсальность процесса и простоту оборудования, в настоящее время не получает значительного распространения. Прежде всего это объясняется неустраняемыми затруднениями и недостатками.

Первым недостатком является высокая скорость плавления электрода, из-за чего приходится применять электроды диаметра 4 мм и более. Это приводит к сложности сварки листовых заготовок. Также затрудняется обеспечение качественного формирования сварного шва.

Вторым недостатком является низкая стабильность процесса, по причине которой сварка ограничивается только нижним положением изделия.

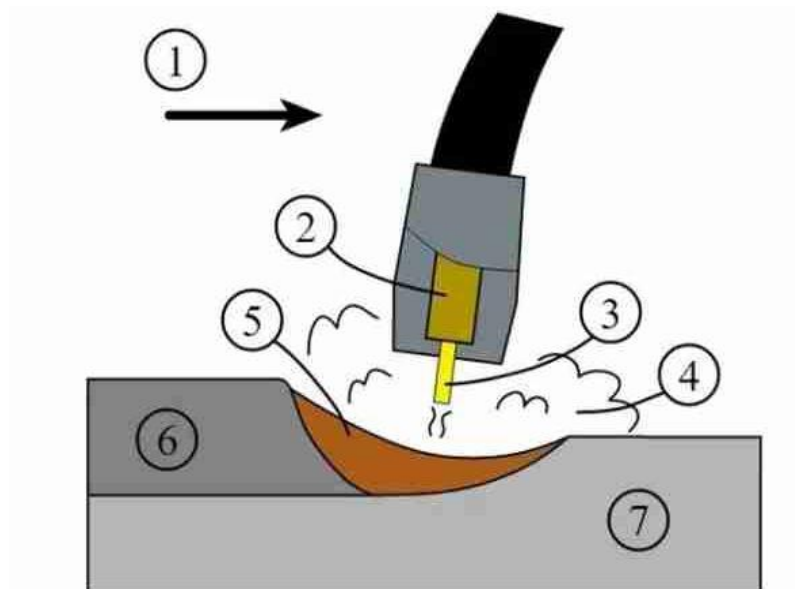
Третьим недостатком является значительное выделение вредных аэрозолей при ручной дуговой сварке, которые в совокупности с вредным действием сварочной дуги существенно усложняют условия работы сварщика.

На рисунке 15 представлена схема выполнения механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Этот способ сварки позволяет значительно повысить производительность по сравнению со сваркой покрытыми электродами. Также следует указать на существенное улучшение условий труда сварщика. Кроме того, качество при механизированной сварке с учётом современных достижений в области управления сварочными процессами приближается к качеству сварных швов, выполненных с использованием ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом. При этом наблюдается не такая сильная зависимость качества сварных швов от квалификации сварщика, как при сварке неплавящимся электродом.

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

При механизированной сварке сложнее обеспечить газовую защиту по сравнению со сваркой неплавящимся электродом. Для этого сопло горелки имеет диаметр 18...22 мм.

При механизированной сварке опасность получения пористости в сварном шве выше, чем аргодуговой при сварке неплавящимся электродом. Диаметр сварочной проволоки при ремонтной сварке алюминиевых деталей составляет обычно более 2,5 мм. В противном случае возникают трудности с образованием в процессе сварки пор.

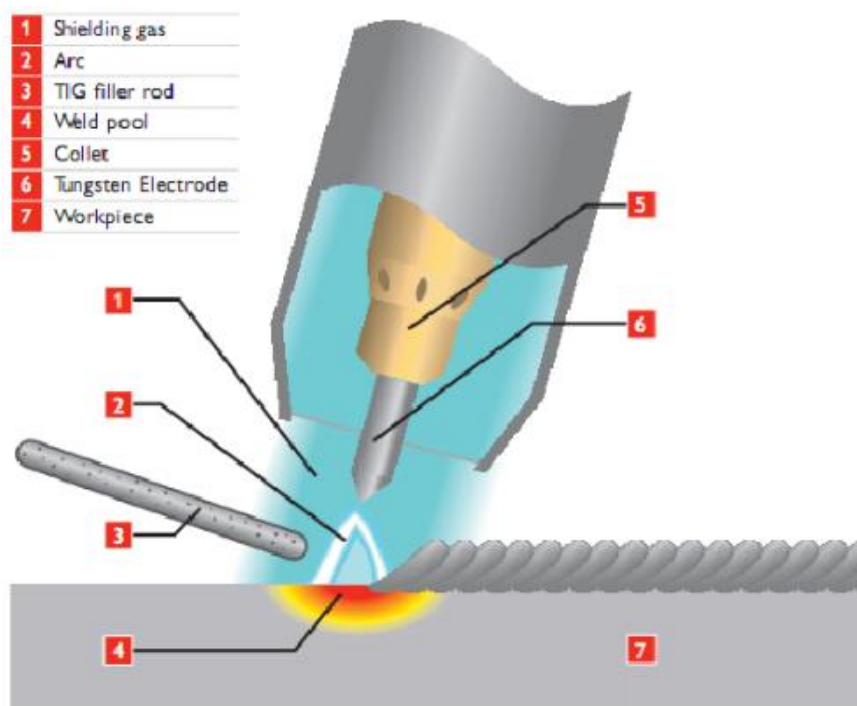


1 – направление сварки, 2 – контактный наконечник, 3 – электродная проволока, 4 – защитный газ, 5 – сварочная ванна, 6 – наплавленный металл, 7 – основной металл

Рисунок 15 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах

На рисунке 16 представлена схема выполнения ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом. горение дуги происходит между деталью и вольфрамовым электродом. Введение в сварочную ванну присадочного металла выполняют в виде присадочной проволоки. Для того, чтобы избежать загрязнения сварного шва частицами вольфрама, для зажигания дуги используют графитовую пластину, после того, как конец вольфрамового электрода прогревается, дугу переносят на основной металл.

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



1 – защитный газ, 2 – дуга, 3 – присадочный пруток, 4 – сварочная ванна, 5 – электрододержатель, 6 – неплавящийся электрод, 7 – изделие

Рисунок 16 – Схема выполнения сварки неплавящимся электродом

Следует отметить недостатки аргодуговой сварки неплавящимся электродом, которые существенно ограничивают применение этого способа на производстве.

Первым недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации.

Вторым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргодуговой сварки неплавящимся электродом.

Третьим недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность.

На рисунке 17 представлена схема выполнения сварки трёхфазной дугой. Применение трёхфазной дуги позволяет выполнять сварку на переменном токе с высокой стабильностью качества.

При трёхфазной сварке горелка снабжается двумя неплавящимися электродами, к которым подводится переменный ток. Одна фаза подключается к изделию, а две фазы подключаются к сварочным электродам. В процессе сварки происходит горение нескольких дуг. Первая дуга – независимая, горит между электродами, вторая дуга и третья дуга горят попеременно между электродами и изделием. В результате наблюдается повышение стабильности горения дуги и производительности сварки. Также существенно повышается стабильность качества за счёт улучшения механизма катодной очистки и увеличения проплавляющей способности дуги.

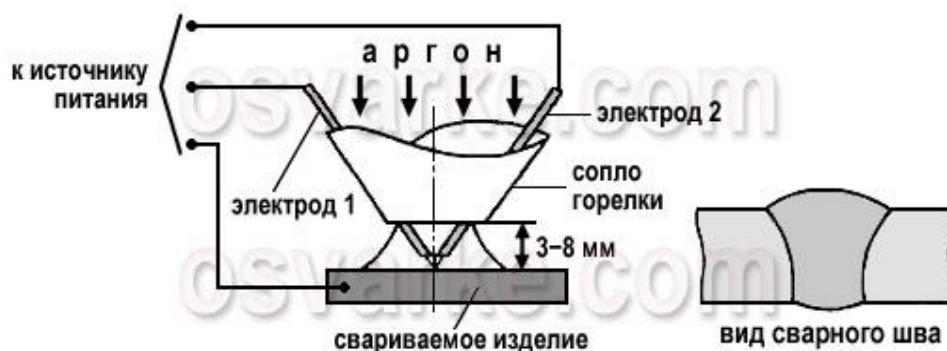
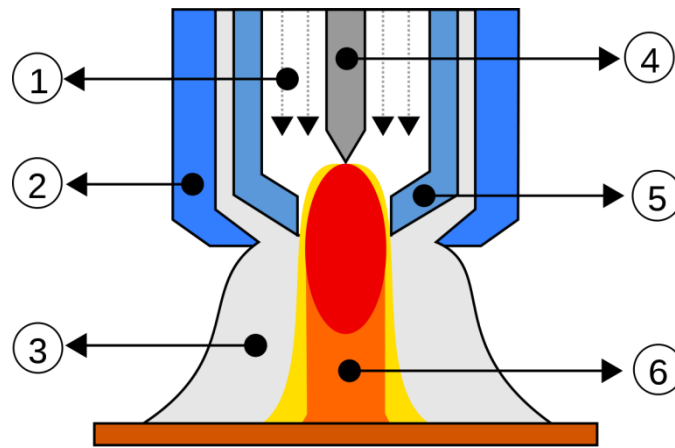


Рисунок 17 – Схема выполнения сварки трёхфазной дугой

Несмотря на перспективность сварки трехфазной дугой и значительную технологическую гибкость, этот способ сварки не получил распространения в промышленности. Современного оборудования для реализации этого способа на рынке не представлено. Информация о достигнутых успехах творческого коллектива в широких научных кругах не обсуждалась. В источниках научно-технической информации сведения о результатах внедрения в производство отсутствуют.

На рисунке 18 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 18 – 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.

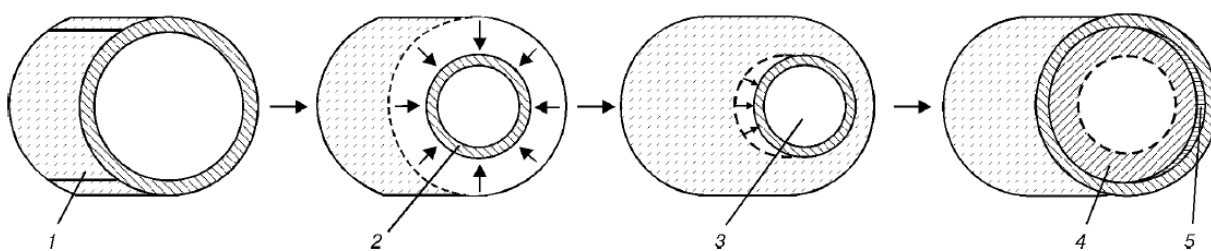
На основании преимуществ и недостатков рассмотренных способов сварки для построения проектной технологии сварки корпуса катера из алюминиевого сплава АМг5 предлагается применить механизированную сварку в инертном газе проволокой сплошного сечения. В ходе выполнения настоящего раздела предлагается повысить эффективность выбранного способа на основании результатов работ отечественных и зарубежных исследователей-сварщиков.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов проволокой сплошного сечения

В первом разделе настоящей выпускной квалификационной работы выполнен анализ материала и сформулированы трудности при его сварке.

Эти трудности при выполнении механизированной сварки алюминиевых сплавов проявляются более сильно, чем при сварке неплавящимся электродом. В связи с этим мировые производители сварочного оборудования (Cloos, Lincoln Electric, EWM, OTC, Fronius, Lorch, Kemppu) ведут интенсивные разработки в области повышения эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов за счёт применения импульсного управления сварочной дугой [6], [8], [15].

На рисунке 19 представлена схема процесса катодного разрушения окисной плетки при сварке с импульсным управлением сварочной дугой. Из рисунка видно, что правильный выбор параметров импульсного процесса существенно влияет на интенсивность процесса катодной очистки. Это обусловлено различными условиями окисления расплавленного металла и катодного разрушения им оксидной пленки в моменты импульсов и пауз сварочного тока. Во время паузы эффективность катодной очистки существенно снижается вследствие уменьшения уровня тока, а процесс окисления металла, расплавленного предыдущим импульсом тока, активизируется. Поэтому следующий импульс тока с низкой частотой модуляции и большой длительностью паузы не обеспечивает полного катодного разрушения образовавшейся оксидной пленки.

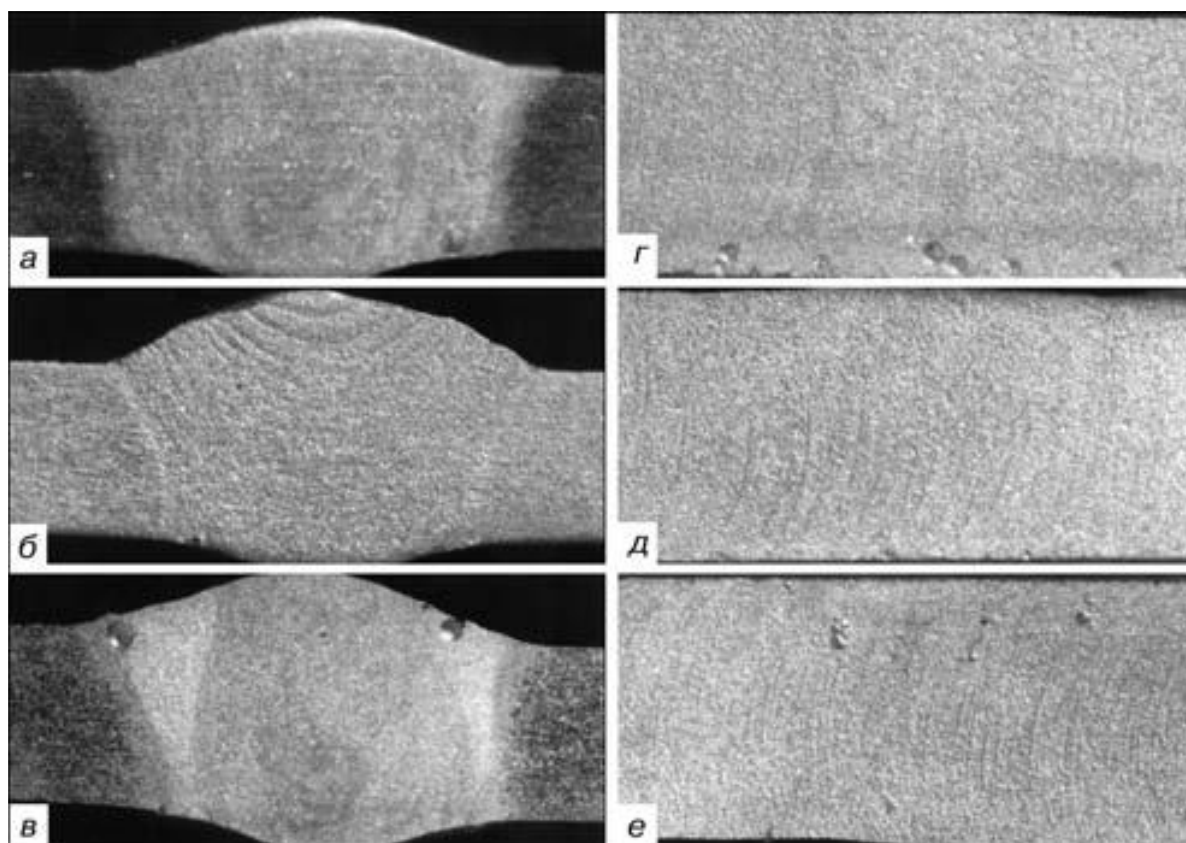


1 – окисленная поверхность переплавленного металла шва, 2 – зона катодной очистки, 3 – поверхность расплавленного металла шва, 4 – шов, 5 – стык впереди сварочной ванны

Рисунок 19 – Схема катодного разрушения оксидной пленки при сварке модулированным током

Частота модуляции тока существенно влияет и на процессы дегазации расплавляемого дугой металла. При значительной длительности импульсов и

пауз модулированного тока ($f_m = 1...2$ Гц) в корневой части швов и зонах его сплавления с основным металлом наблюдается большое количество пор диаметром до 1 мм их суммарный объем составляет 10,6... 16,7 мм³, как показано на рисунке 20-а. Повышение частоты модуляции до 5 Гц создает благоприятные условия для интенсивного всплытия пузырьков газа на поверхность сварочной ванны. В результате в металле шва поры полностью отсутствуют, а в зоне сплавления их диаметр не превышает 0,3 мм при суммарном объеме пустот 1,2... 1,5 мм³, как показано на рисунке 20-б. При дальнейшем повышении частоты модуляции количество и диаметр пор в зоне сплавления увеличиваются. Пытающиеся всплыть пузырьки газа не успевают достигнуть поверхности сварочной ванны и остаются в кристаллизующемся металле, как показано на рисунке 20-в.



а, г – сварка стационарной дугой; б, д – сварка пульсирующей дугой $f_m = 5$ Гц; в, е – сварка пульсирующей дугой $f_m = 10$ Гц

Рисунок 20 – Поры на макрошлифах поперечных с увеличением $\times 3$ (а, б, в) и продольных с увеличением $\times 4$ (г, д, е)

Для повышения эффективности импульсной сварки применим разработку отечественных исследователей [1], функциональная схема которой представлена на рисунке 21.

Сварочный трансформатор имеет две вторичные обмотки. В схему включено два выпрямителя. Первый выпрямитель является неуправляемым и выполнен на основе четырех силовых диодов (обозначены на схеме позициями 1, 2, 3 и 4). Второй выпрямитель является управляемым и собран на базе двух силовых диодов (обозначены на схеме позициями 5 и 6) и двух силовых тиристоров (обозначены на схеме позициями 7 и 8). Силовые тиристоры второго выпрямителя управляются системой управления (обозначена на схеме позицией 9). Также в схему включены два фильтра (обозначены на схеме позициями 10 и 11), которые предназначены для сглаживания выпрямленного напряжения. Сварочный электрод и изделие обозначены на схеме позициями 12 и 13. Для формирования прямоугольных импульсов применяется генератор (обозначен на схеме позицией 20). В схему включены транзисторы (обозначены на схеме позициями 14, 15 и 16), усилители мощности (обозначены на схеме позициями 17 и 18) и инвертирующий элемент (обозначен на схеме позицией 19).

При подаче напряжения на первичную обмотку сварочного трансформатора, на его вторичных обмотках возникает напряжение. Напряжение с одной вторичной обмотки преобразуется в постоянное напряжение в неуправляемом выпрямителе, собранном на базе диодов 1-4. Напряжение с другой вторичной обмотки преобразуется в постоянное напряжение в управляемом выпрямителе, который собран на базе двух диодов 5, 6 и двух тиристоров 7, 8.

Величина постоянного тока на выходе с неуправляемого выпрямителя не может регулироваться, зависит от коэффициента трансформации и определяет силу сварочного тока.

Величина постоянного тока на выходе управляемого выпрямителя может быть изменена при помощи управляющего устройства 9 и определяет

ток паузы. Генератор импульсов 20 формирует прямоугольные импульсы, единичный сигнал соответствует импульсу сварки, нулевой сигнал соответствует паузе.

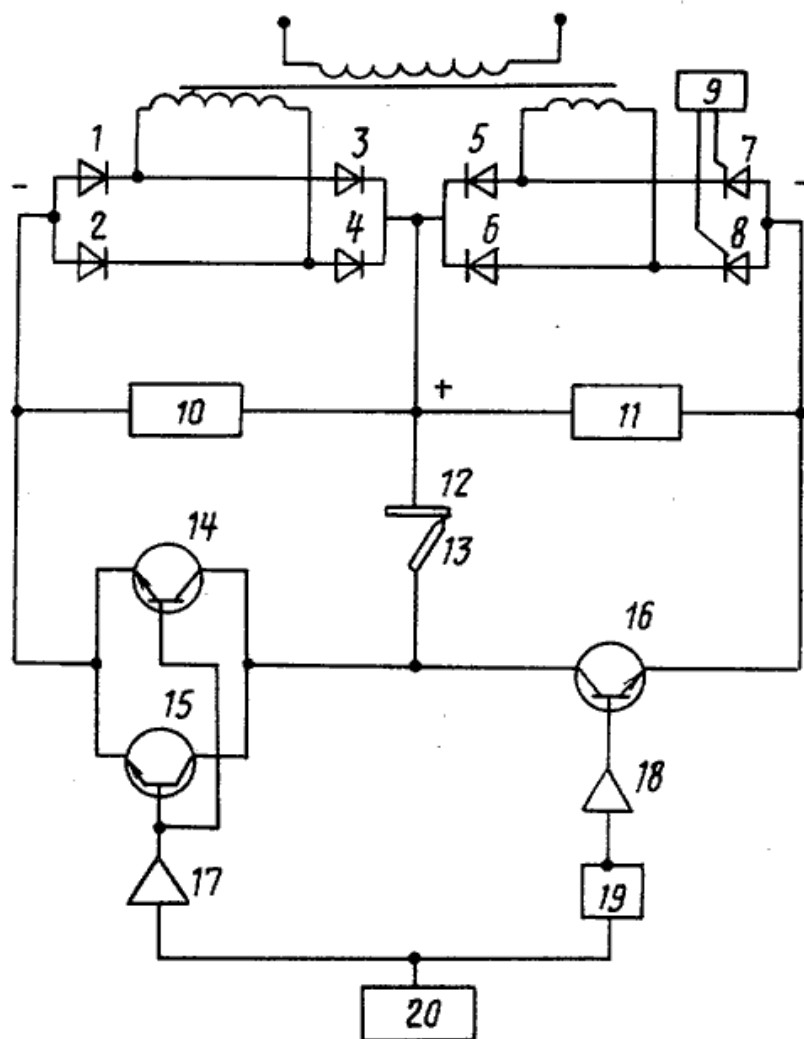


Рисунок 21 – Функциональная схема способа импульсного управления сварочной дугой

Удалось существенно снизить потери на разбрызгивание, которые довели до 1 %, при этом попадающие на поверхность детали капли имеют форму мелких шариков и не прилипают. За счёт управления горением дуги появилась возможность дозированного введения энергии в дуговой промежуток, контролировать протяженность фаз горения дуги, интенсифицировать перемешивание металла в сварочной ванне. Появилась возможность получения устойчивого дугового разряда при первом касании электродом детали. Сварочная дуга горит стабильно и предсказуемо.

2.3 Описание операций технологического процесса

В качестве сварочных материалов при механизированной сварке в защитных газах выступает сварочная проволока и защитный газ.

Для сварки по проектной технологии предлагается применить проволоку Св-АМг5 диаметром 1,6 мм. Для защиты зоны сварки применим чистый аргон, поставка которого осуществляется в баллонах под давлением 15 МПа. В каждом баллоне содержится 6,2 кубических метра газа. Поверхность баллонов для хранения аргона окрашивается в серый цвет, надпись «аргон» выполняется зелёным цветом.

Для того, чтобы снизить вредное действие оксидов при сварке алюминиевых сплавов и загрязнений на поверхности заготовок выполняют подготовку поверхности перед сваркой. Место сварки следует зачистить, удаляя окисную плёнку. Для этого применяют металлическую щётку с щетиной из нержавеющей проволоки диаметром не более 0,15 мм. Далее чистку поверхности выполняют при помощи химических средств.

Обезжиривание поверхности проводят раствором едкого натра концентрацией 5 %, температура раствора составляет 60 °С. Длительность обработки составляет 2 минуты.

Далее выполняют промывку поверхности теплой водой при температуре не ниже 45 °С, а потом с использованием проточной холодной воды.

При помощи раствора азотной кислоты концентрацией 15 % проводят осветление поверхности деталей в месте сварки, длительность воздействия кислоты на поверхность составляет 2...5 минуты.

Далее выполняют промывку поверхности деталей теплой водой и сушку подогретым сжатым воздухом.

Непосредственно перед сваркой проводят обезжиривание поверхности деталей с использованием ацетона. Между подготовительными работами и

сваркой должно пройти не более 1 суток, в противном случае необходимо повторить процедуру подготовки поверхности.

Присадочная проволока перед выполнением сварки должна подвергнуться осмотру с целью проверки состояния её поверхности. Проволока должна иметь поверхность без загрязнений, не иметь трещин, закатов, вмятин. Также на проволоке не допускаются резкие перегибы и расслоения. Качество поверхности проволоки следует проверять визуально без применения дополнительных оптических приборов.

Поскольку проектная технология предусматривает применение формирователя импульсов, то в качестве источника питания может быть использован стандартный сварочный трансформатор ТДМ-504, который представлен на рисунке 22-а. Для подачи проволоки применяется механизм ПДГ 312-5, представленный на рисунке 22-б.



Рисунок 15 – Трансформатор ТДМ-504 (а) и механизм подачи ПДГ 312-5 (б)

Сварку следует начинать с проплавления кратера на стыке деталей, далее заполняют кратер расплавленным металлом. После этого перемещают горелку, смещая кратер, заполняя его расплавленным алюминием. Форма кратера при сварке должна быть похожа на каплю, которая сужается по направлению движения горелки. Видимая часть дуги при механизированной сварке алюминиевых сплавов составляет порядка 2...6 мм при расположении мундштука горелки на расстоянии 5...15 мм между торцом сопла и деталью.

При сварке принимают технику ведения «углом вперед», при этом угол наклона горелки составляет 75...80 градусов. При механизированной сварке используется постоянный ток обратной полярности. Источник питания для механизированной сварки алюминиевых сплавов должен иметь жесткую вольтамперную характеристику или пологопадающую вольтамперную характеристику.

В таблице 2 и 3 приведены параметры режима сварки для различных толщин.

Таблица 2 – 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... 80 А	17... 18 В	10... 12 мм	35... 40 м/ч	8... 9 л/мин
4 мм	1,6 мм	100... 120 А	19... 20 В	12... 14 мм	25... 30 м/ч	8... 9 л/мин

Таблица 3 – Параметры импульсного питания сварочной дуги

Параметр	Значение	
Ток в сварочном импульсе $I_{св}$	Толщина 3 мм	60...80 А
	Толщина 4 мм	100...120 А
Ток в паузе паузы $I_{п}$	20...30 А	
Длительность импульса $t_{г}$	14...17 мс	
Длительность паузы $t_{п}$	1...3 мс	

В процессе сварки следует выдерживать заданное расстояние между электродом и деталями, в противном случае нарушается газовая защита. При завершении сварки следует заполнить кратер расплавленным металлом. После выключения сварочного тока следует обдуть аргоном кратер до его охлаждения.

После сварки зачищают усиление сварного шва, чтобы высота над уровнем основного металла не превышала 1 мм. Далее следует выполнить контроль качества сварного шва. Проводят визуальный контроль и ультразвуковой контроль сварного шва. Визуальный контроль проводят на

100 % сварных швов. Ультразвуковой контроль проводят на участках, вызывающих подозрение по результатам визуального контроля.

Недопустимыми дефектами являются: газовая пористость, оксидные плены, вольфрамовые включения, трещины и прожоги, наплывы, незаваренные кратеры, непровары, подрезы и вывод кратера на основной металл.

В случае обнаружения недопустимого дефекта следует провести переварку дефектного места, при этом на одном месте допускается не более двух ремонтных сварок.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [11] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [3], [5].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [13], [14].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при изготовлении корпуса прогулочного речного катера из алюминиевых сплавов. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области импульсного управления сварочной дугой.

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 4 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 4 – 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	Слесарь-сборщик	Кран-балка, стапель, зачистное оборудование
Сборка	Слесарь-сборщик	Кран-балка, стапель, набор измерительного оборудования
Прихватка и сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	сварочный трансформатор, система формирования сварочных импульсов, механизм подачи проволоки, газовое оборудование,
Контроль качества	Инженер - дефектоскопист	набор для проведения визуально-измерительного контроля, дефектоскоп

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.

Представленные в таблице 4 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

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, сварочный трансформатор, система

формирования сварочных импульсов, механизм подачи проволоки, газовое оборудование, набор для проведения визуально-измерительного контроля, дефектоскоп. В таблице 5 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

Таблица 5 – 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	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование
Сборка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование
Прихватка и сварка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - 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 6 представлены предлагаемые решения по обеспечению безопасности производственного процесса.

Таблица 6 – 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 7

Таблица 7 – 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 7 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 8 – 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 9 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 9 – 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 корпуса прогулочного речного катера из алюминиевых сплавов. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области импульсного управления сварочной дугой.

Проектный технологический процесс 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.

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.

В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 10 – 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	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
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.	600 тыс.	250 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	20	30
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,85	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	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» [13]	$K_{зав}$	-	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:

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

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

$$F_3 = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

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 $t_{обсл}$):

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 16,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 20$ часа и $t_{шт.проектн.} = 13,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 16$ 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:

$$\Pi_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054/20 = 102$ изделий для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/16 = 128$ 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 $\Pi_{г} = 80$ 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:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 20 \cdot 80 / (2054 \cdot 1,03) = 0,8$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 16 \cdot 80 / (2054 \cdot 1,03) = 0,7$ 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:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,8/1 = 0,8$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,7/1 = 0,7$ 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:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=(120 \cdot 0,72 \cdot 20 + 300 \cdot 5,4 + 4200 \cdot 0,1) \cdot 1,05 = 4047$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса результаты подстановки позволяют получить : $M=(120 \cdot 16 \cdot 0,7+300 \cdot 5,4) \cdot 1,05=3112$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 20 \cdot 150 \cdot 1,88 = 5640$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 16 \cdot 150 \cdot 1,88 = 4512$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 5640 \cdot 12 / 100 = 676$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 4512 \cdot 12 / 100 = 541$ 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: $\text{ФЗП} = 5640 + 676 = 6316$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 4512 + 541 = 5053$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 6316 \cdot 34 / 100 = 2148$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 5053 \cdot 34 / 100 = 1718$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации 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 $\Pi_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{об}} \cdot H_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 600000 \cdot 21,5 \cdot 20 / 2054 / 100 = 1256$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 16 / 2054 / 100 = 418$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 20 \cdot 20 \cdot 3,4 / 0,85 = 1600$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 30 \cdot 16 \cdot 3,4 / 0,85 = 1920$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 1256 + 1600 = 2856$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 418 + 1920 = 2338$ 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 $Z_{об}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 4047 + 6316 + 2148 + 2856 = 15367$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 3112 + 5053 + 1718 + 2338 = 12221$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}}=15367 + 1,5 \cdot 5640 = 15367 + 8460 = 23827$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}= 12221 + 1,5 \cdot 4512 = 12221 + 6768 = 18989$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 23827 + 1,15 \cdot 5640 = 23827 + 6486 = 30313$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}}= 18989 + 1,15 \cdot 4512 = 18989 + 5188 = 24107$ рублей.

В таблице 11 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 11 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	4047	3112
2. Фонд заработной платы	ФЗП	6316	5053
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	2148	1718
4. Затраты на оборудование	Зоб	2856	2338
5. Технологическая себестоимость	Стех	15367	12221
6. Цеховые расходы	Рцех	8460	6768
7. Цеховая себестоимость	Сцех	23827	18989
8. Заводские расходы	Рзав	6486	5118
9. Заводская себестоимость» [13]	Сзав	30313	24107

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 $\Pi_{\text{об. б.}}$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 600000 - (60000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 342000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 342000 \cdot 0,8 = 273600$ рублей.

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

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 183750$ рублей.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 600000 \cdot 0,05 = 30000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 250000 \cdot 0,05 = 12500$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 30000 + 12500 = 42500$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{общ. пр.} = 183750 + 42500 = 196250$ рублей.

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

$$K_{доп} = K_{общпр} - K_{общб}: \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 273600 - 196250 = 77350$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 273600/80 = 3420$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 196250/80 = 2453$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (20-16) \cdot 100 \% / 20 = 20 \%$.

Повышение производительности Π_r рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_r = 100 \cdot 20 / (100 - 20) = 25 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (15367 - 12221) \cdot 100\% / 15367 = 20 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (30313 - 24107) \cdot 80 = 496480$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 77350 / 496480 = 0,2$ года.

Величина годового экономического эффекта Δ_r рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta_r = 496480 - 0,33 \cdot 77350 = 471$ тыс. 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 25 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 20 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 471 тыс. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при изготовлении корпуса прогулочного речного катера из алюминиевых сплавов.

Выполнен анализ сплава АМг5, из которого изготовлен корпус катера. Сформулированы трудности при сварке, которые затрудняют проведение сварочных технологий и расширение области их использования.

Применение ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом при осуществлении базовой технологии обуславливает недостатки: низкая производительность сварочных работ, высокие требования к квалификации сварщика, низкая экономическая эффективность базовой технологии.

На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Для повышения эффективности сварочных технологий предложено внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков в области импульсного управления сварочной дугой.

Проектный технологический процесс 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.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных

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

С учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства. Производительность труда повышается на 25 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 20 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 471 тыс. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

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

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по изготовлению корпусов судов из алюминиевых сплавов.

Следует отметить, что настоящая выпускная работа показала эффективность замены аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением горением сварочной дуги. Таким образом, область внедрения работы может быть расширена.

Список используемой литературы и используемых источников

1. А.с.1466885 СССР, МКИ В23К9/10. Источник питания для импульсно-дуговой сварки / Лазаревич Г. Г., Кузовлева Н. В., Шкода А. А. заявл. 18.05.87; опубл. 23.03.89, Бюл. № 11. 3 с.
2. Баженов А. М., Панов А. И., Гилев И. А. Плазменная сварка алюминиевых сплавов малых толщин // Вестник ПНИПУ. 2015. № 3. С. 5–12.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Гуреева М. А., Грушко О. Е. Алюминиевые сплавы в сварных конструкциях современных транспортных средств // Конструкционные материалы. 2009. № 11 С. 27–41.
5. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
6. Зайцев О. И. Прогнозирование параметров режима при импульсно-дуговой сварке алюминиевых сплавов : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06 / Олег Игоревич Зайцев ; Тульский государственный университет. Тула, 2003.
7. Ельцов, В.В. Объект исследований — трехфазная сварочная дуга / В.В. Ельцов // Сборник трудов к 40-летию кафедры ОТСП и 75-летию В.И. Столбова ; под ред. В. В. Масакова, В.П. Сидорова. - Тольятти : ТГУ, 2007. - С. 105-116.
8. Ермолин С. А., Тарасов А. С. Технологические возможности инверторных источников питания для механизированной дуговой сварки // Записки горного института. 2014. Т. 209. С. 42–46.
9. Ищенко А. Я., Мишенков В. А., Чаюн А. Г. Аргодуговая сварка алюминиевых сплавов АМг5 и 01381 на постоянном, переменном и асимметричном токе // Автоматическая сварка. 1978. № 11. С. 46-48.
10. Калеко, Д. М. Современные способы дуговой сварки алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 1994. № 5–6. С. 35–37.

11. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
12. Короткова Г.М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов : монография / Г.М. Короткова. – Тольятти : ТГУ, 2009.- 335с.
13. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
15. Лебедев В. А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2007. № 11. С. 26–30.
16. Лобанов Л. М., Пашин Н. А., Логинов В. П. Ремонт судокорпусных конструкций из алюминиевого сплава АМгб с применением электродинамической обработки // Автоматическая сварка. 2010. № 9. С. 39–41.
17. Орыщенко А. С., Осокин Е. П., Павлова В. И. Биметаллические сталеалюминиевые соединения в судостроительных корпусных конструкциях // Автоматическая сварка. 2009. № 10. С. 43–47.
18. Осокин Е. П., Барахтина Н. Н., Павлова В. И. Алюминиевые материалы в судостроении и эффективность их использования в промышленности // Технология лёгких сплавов. 2022. № 3. С. 69–84.
19. Рабкин Д. М., Лозовская А. В., Склабинская И. Е. Металловедение сварки алюминия и его сплавов. Киев : Наукова думка, 1992. 160 с.
20. 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.
21. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

22. Столбов В. И., шаповалов В. А., Цепенев Р. А. Об управлении сварочным током в источниках питания трехфазной дуги // Сварочное производство. 1982. № 10. С. 24–25.

23. Щицын Ю. Д., Беленин Д. С., Неулыбин С. Д. Определение падения напряжения на анодном участке дуги при плазменной обработке металлов // Вестник ПНИНУ. 2015. № 2. С. 5-12.

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