

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сварки корпуса катера из сплава АМг5

Обучающийся

М.Б. Айвазов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Н.Г. Спиридонов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

(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.

Базовая технология ремонта предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В ходе анализа исходных данных сформулированы недостатки базовой технологии.

На основании анализа состояния вопроса были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы.

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.

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

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 385 тыс. рублей.

На основании результатов настоящей выпускной квалификационной работы доказана эффективность замены аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением горением сварочной дуги.

Abstract

The title of the graduation work «Boat hull welding technology from AMg5 alloy».

The use of aluminum alloys in the production of a transport structure can significantly reduce fuel costs by reducing the weight of the structure and improving its driving performance. It should also be noted that aluminum alloy structures are highly recyclable and reusable, which makes it possible to solve the problem of reducing resource consumption.

The first task is to justify the choice of welding method. At the same time, alternative welding methods should be considered, and an expert assessment should be given to them according to the criteria of manufacturability, economy and durability of welded joints. Next, it is necessary to propose a welding method that will be used to build the design technology.

The second task is to increase the efficiency of the selected welding method in relation to the structure under consideration based on the developments carried out by domestic and foreign researchers - welders.

The third task is to build a design welding technology. It will be necessary to provide a list of technological operations, formulate requirements for the implementation of each operation and assign processing mode parameters, select the necessary technological equipment.

Labor productivity increases by 25%. The reduction in technological cost amounted to 20%. At the same time, by increasing labor productivity and reducing costs, it was possible to obtain an annual economic effect in the amount of 385 thousand rubles.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 6 |
| 1 Современное состояние применения сварки при изготовлении корпуса катера из алюминиевых сплавов. | 9 |
| 1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия. | 9 |
| 1.2 Сведения о материале для изготовления корпуса катера. | 11 |
| 1.3 Описание базовой технологии сварки. | 15 |
| 1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. | 19 |
| 2 Построение проектной технологии сварки. | 21 |
| 2.1 Обоснование выбора способа сварки. | 21 |
| 2.2 Повышение эффективности механизированной сварки. | 26 |
| 2.3 Описание операций технологического процесса. | 29 |
| 3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений. | 33 |
| 3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта. | 33 |
| 3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков. | 34 |
| 3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков. | 36 |
| 3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта. | 37 |
| 3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности. | 39 |
| 4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений. | 40 |
| 4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям. | 40 |
| 4.2 Оценка фонда времени работы оборудования. | 42 |
| 4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии. | 43 |

| | |
|--|----|
| 4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам. | 45 |
| 4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии. | 49 |
| 4.6 Показатели экономической эффективности. | 51 |
| Заключение | 53 |
| Список используемой литературы и используемых источников. | 55 |

Введение

В настоящее время в мировой промышленности отмечается устойчивая тенденция к росту доли применения лёгких сплавов при изготовлении транспортных средств. При этом удаётся решить задачи энергосбережения и снижения потребления ресурсов. Применение алюминиевых сплавов при производстве транспортной конструкции позволяет существенно уменьшить затраты топлива за счёт снижения массы конструкции и повышения её ходовых качеств. Также следует отметить высокую способность конструкций из алюминиевых сплавов к переработке и вторичному использованию, что позволяет решить задачу снижения потребления ресурсов.

Несмотря на стоимость, которая превышает стоимость конструкционных сталей, алюминиевые сплавы являются перспективным конструкционным материалом, и их доля в мировой промышленности будет увеличиваться. Ежегодный прирост объёмов потребления алюминиевых сплавов в машиностроении составляет порядка 5...15 % [20], [23].

При изготовлении конструкций из алюминиевых сплавов в основном применяются полуфабрикаты. При этом отношение прочности и текучести к плотности материала у алюминиевых сплавов существенно выше, чем у чугунов и низколегированных сталей, незначительно уступая высокопрочным сталям.

Высокоответственные конструкции из алюминиевых сплавов выполняют с применением таких алюминиево-магниевого сплава, как АМг5 и АМг5В. Также возможно применение термически упрочняемого сплава 1915.

Алюминиевые сплавы широко применяются при изготовлении лодок и катеров. При этом самым распространённым сплавом стал АМг3 и АМг5, который не только обладает необходимой прочностью и легкостью, но и существенно выше по коррозионной стойкости, чем многие другие сплавы алюминия. В пресной воде эксплуатируют плавательные средства,

выполнение из сплава АМг3. Для эксплуатации в солёной воде следует использовать сплав АМг5.

Сплав АМг5 имеет хорошую свариваемость, что так же учитывается при принятии решения о его использовании для изготовления транспортных конструкций.

При изготовлении конструкций из алюминиевых сплавов самое широкое применение получила дуговая сварка, выполнение которой применительно к алюминиевым сплавам встречает значительные трудности, которые не решены до настоящего времени [7], [8], [18], [19], [22], [24]. Эти трудности проистекают из особенностей свойств алюминиевых сплавов по сравнению с другими конструкционными материалами.

Алюминиевые сплавы имеют высокую теплопроводность, в результате возрастает уровень остаточных напряжений и деформация, происходит коробление конструкции и появление в ней трещин. Поверхность алюминиевых деталей покрыта окисной плёнкой, которая имеет высокую температуру плавления, превышающую температуру плавления основного металла, в результате этого при сварке шов загрязняется окисными пленами. Загрязнению металла шва окисными плёнами также способствует то, что оксид алюминия имеет более высокую плотность, чем расплавленный алюминий, поэтому не остаётся на поверхности сварочной ванны, а тонет в ней. 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. Также при сварке следует учитывать, что все алюминиевые сплавы имеют провал прочности при нагреве, в результате чего форма сварного шва теряет стабильность, а также повышается вероятность получения горячих трещин.

Описанные выше особенности алюминиевых сплавов заставляют применять при их сварке концентрированные источники энергии, обеспечивающие разрушение окисной плёнки на поверхности деталей. При

этом наиболее широко распространена сварка неплавящимся электродом в среде аргона, которую ведут на переменном токе.

Несмотря на исследования в области повышения эффективности сварки при выполнении конструкций из алюминиевых сплавов, описанные выше трудности до конца не решены. Поэтому остаются актуальными работы в этом направлении. Кроме того, применение аргодуговой сварки неплавящимся электродом ограничивается из-за недостатков этого способа сварки. Первым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность. 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 высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации, что приводит к повышению затрат на организацию производства.

На основании вышеизложенного следует признать высокую актуальность поставленной в настоящей выпускной квалификационной работе цели – повышение эффективности сварочных работ при изготовлении корпуса катера из алюминиевого сплава АМг5.

Достижение поставленной цели должно выполняться на основании изучения современных технологических решений, предложенных сварочному производству отечественными и зарубежными исследователями. С учётом настоящей специфики, характеризующей политическую и экономическую обстановку в России и за рубежом, предпочтение следует отдавать отечественным разработкам, внедрение которых в современное производство не потребует применения импортного оборудования и элементной базы [11], [15].

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

1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия

На рисунке 1 представлен катер проекта Victory, корпус которого выполняется из алюминиевого сплава АМг5. Катер предназначен для рыбалки и активного отдыха широких слоёв российского населения. За счёт того, что корпус катера выполнен из алюминиевого сплава, повышены динамические характеристики и обеспечивается возможность «жесткого» причаливания с проведением последующей правки корпуса.

Дополнительная жёсткость конструкции обеспечивается за счёт усиленного внутреннего набора. Раскрой элементов корпуса выполняется лазерной резкой. При выполнении сварных швов проводится проварка с обеих сторон. Непотопляемость судна обеспечивается применением блоков экструдированного пенополистерола, которые размещаются внутри корпуса.

За счёт компьютерного моделирования при проектировании корпуса судна обеспечены уникальные динамические характеристики и скорейший выход на глиссер, даже с использованием стандартных моторов средней мощности. Для комплектации катеров серии Victory применяются качественные импортные агрегаты, выпуск которых налажен мировыми брендами (Tailormade, Ultraflex, Osculati, Springfield, Sunbrella). Изготовление корпуса катера выполняется на производстве с применением современного оборудования, как показано на рисунке 2.



Рисунок 1 – Алюминиевый катер и его доставка

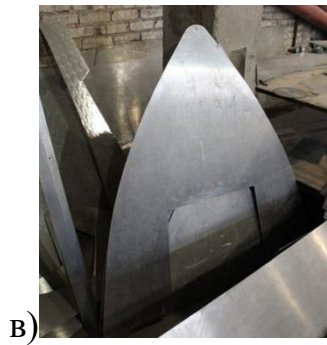


Рисунок 2 – Фотографии производственного процесса

На рисунке 2-а представлен процесс подготовки листов из алюминиевого сплава АМг5. Для разметки листов применяются специальные шаблоны, в последующем нарезка заготовок выполняется с применением плазменной резки или на ножницах, как показано на рисунке 2-б. Внешний вид шаблона и заготовок представлен на рисунке 2-в. На рисунке 2-г представлена операция плазменной вырезки заготовок с использованием шаблонов. На рисунке 2-д представлено оборудование для формирования буртика на заготовках, т.е. так называемого «клинкерного борта». На рисунке 2-е представлен профильный прокат, который также используется для изготовления корпуса катера. При помощи профиле выполняется укрепление днища и обрешётка катера. На рисунке 2-ж представлен гибочный станок, который применяется для формирования гнутых поверхностей на листовых заготовках. Подрез листовых заготовок при подгонке выполняют при помощи ножниц, которые представлены на рисунке 2-з. Продольная жёсткость корпуса катера обеспечивается стрингером, килевой балкой и уголками. Поперечная жёсткость корпуса обеспечивается флорами шпангоута, представленными на рисунке 2-и. Проводка укладывается в гофры, внутреннее пространство заполняется пенополистеролом ПСБ-22, как показано на рисунке 2-к.

За счёт коробчатой конструкции стрингеров удаётся повысить жёсткость конструкции корпуса лодки при его изготовлении из алюминиевых сплавов. Для изготовления днища катера применяется листовая алюминий толщиной 4 мм.

1.2 Сведения о материале для изготовления корпуса катера

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 |

За счёт содержания в славе меди повышается пластичность, но коррозионная стойкость изделия снижается.

За счёт добавок магния повышается прочность сплава.

Добавки цинка в алюминиевый сплав позволяют повысить его прочность. Однако следует принимать во внимание, что цинк отрицательно сказывается на коррозионной стойкости сплава по отношению к щелочам.

За счёт 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.

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

При сварке алюминиевых сплавов следует выделить пять трудностей, которые ограничивают применение этих материалов в промышленности и затрудняют сварку [25], [26].

В качестве первой трудности следует отметить указываемую ранее пленку на поверхности деталей, которая состоит из оксида алюминия. Температура плавления этой пленки составляет 2050 °С, в то время, как температура плавления алюминия составляет 660 °С. Таким образом, наблюдается значительная разница в температурах плавления оксидной

пленки и основного металла, в результате чего при формировании сварочной ванны не происходит расплавления пленки в металле, пленка присутствует в ванне в виде нерасплавившихся частиц. Кроме того, плотность пленки выше, чем плотность расплавленного металла, в результате чего пленка тонет в сварочной ванне и загрязняет её.

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

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

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

В качестве пятой трудности следует отметить высокую опасность получения горячих трещин. Образование горячих трещин происходит по причине того, что структура металла шва является столбчатой с выделением легкоплавкой эвтектики по границам зёрен. Применительно к ремонтной сварке 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 трудности, которые сопровождают сварку всех алюминиевых сплавов, должны быть решены и частично решаются существующими техническими и технологическими мерами. Переход на сварку с высокой концентрацией энергии, например, плазменную или лазерную, существенно снижает остроту проблемы сварки алюминиевых сплавов. На основании вышеизложенного и знаний, полученных при обучении на кафедре сварки, следует перечислить способы, применение которых возможно при ремонтной сварке отливок из алюминиевых сплавов:

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

При построении проектной технологии сварки во втором разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить экспертную оценку приведённых способов сварки и обосновать выбор способа сварки.

При сварке алюминиевых сплавов основными дефектами являются представленные на рисунке 3 поры, представленные на рисунке 4 горячие трещины.

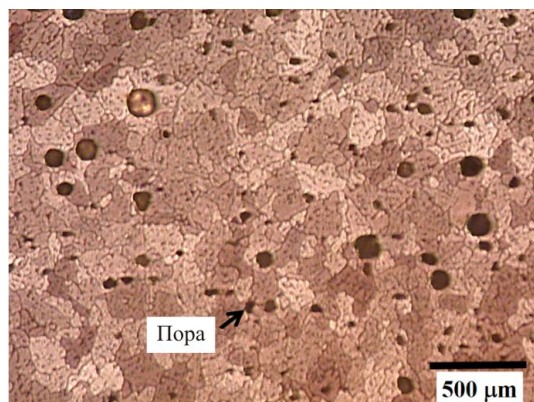
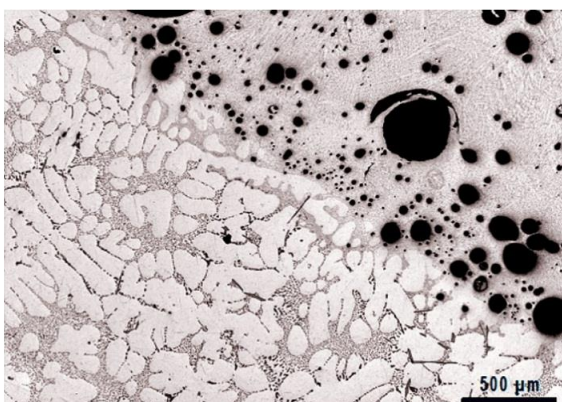


Рисунок 3 – Газовые (водородные) поры при сварке алюминиевых сплавов

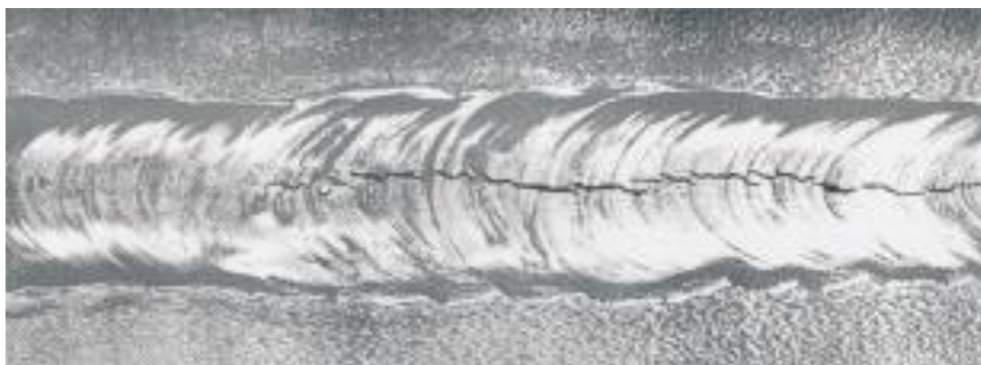


Рисунок 4 – Горячие трещины при сварке алюминиевых сплавов

При сварке конструкций из алюминиевых сплавов следует принимать во внимание опасность растрескивания кратера при обрыве дуги. Причиной такого растрескивания является быстрое сужение металла при кристаллизации и остывании. Если сварной шов имеет вогнутую форму, то вероятность растрескивания увеличивается. Поэтому сварной шов должен быть выпуклой формы, которая позволяет компенсировать нагрузки при сжатии металла.

1.3 Описание базовой технологии сварки

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.

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.

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 прутки из лантанированного вольфрама диаметром 4 мм.

Питание сварочной дуги обеспечивается источником TETRIX 551, который представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Сварочный источник питания TETRIX 551 AC/DC SYNERGIC FWD

Сварку ведут на переменном токе, сила тока составляет 150...170 А. Расход аргона при помощи газовой аппаратуры устанавливают и поддерживают в диапазоне 7...8 литров в минуту.

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, который представлен на рисунке 6 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 7.



Рисунок 6 – Набор для проведения визуального контроля



Рисунок 7 – 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 с применением аргонодуговой сварки неплавящимся электродом имеет ряд недостатков.

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

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

Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования.

Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации, что приводит к повышению затрат на организацию производства.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при изготовлении корпуса катера из алюминиевого сплава АМг5.

В ходе анализа сплава АМг5 как материала для изготовления сварных конструкций сформулированы трудности, с которыми приходится считаться при сварке.

Базовая технология ремонта предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В ходе анализа исходных данных сформулированы недостатки базовой технологии:

- низкая производительность сварочных работ;

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

На основании вышеизложенного следует сформулировать задачи выпускной квалификационной работы.

В качестве первой задачи настоящей выпускной квалификационной работы следует указать обоснование выбора способа сварки рассматриваемой конструкции. В ходе решения этой задачи предполагается сформулировать перечень возможных способов сварки, дать им оценку с использованием различных технологических критериев и обосновать выбор оптимального способа сварки.

В качестве второй задачи настоящей выпускной квалификационной работы следует указать повышение технологических возможностей способа сварки, выбранного для реализации проектной технологии. В ходе решения этой задачи следует отдавать предпочтение отечественным исследованиям в области повышения эффективности сварочных процессов.

В качестве третьей задачи настоящей выпускной квалификационной работы следует указать построение проектной технологии сборки и сварки. В ходе решения этой задачи предстоит составить перечень технологических операций, назначить оптимальные параметры режима и технологические требования для каждой операции и указать необходимое технологическое оборудование.

Решению первых трех задач будет посвящен исполнительский раздел настоящей выпускной квалификационной работы

При выполнении оценочного блока настоящей выпускной квалификационной работы предстоит решение ещё двух задач. Во-первых, необходимо выполнить оценку экологической и производственной опасности предложенных технологических решений [2], [3]. Во-вторых, необходимо дать экономическое обоснование необходимости внедрения предлагаемых технических решений в современное производство [12], [13].

2 Построение проектной технологии сварки

2.1 Обоснование выбора способа сварки

На основании ранее проведённого анализа свойств сплава АМг5 для его сварки признаны эффективными такие способы:

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

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

Схема выполнения ручной дуговой сварки представлена на рисунке 8. При этом для сварки применяются электроды с большим диаметром, который составляет 4 мм и больше. Это объясняется тем, что из-за высокой скорости плавления применение электродов малого диаметра крайне затруднено. Сварку необходимо выполнять в нижнем положении, так для других положений детали сложно обеспечить удержание сварочной ванны и её газовую защиту [8].

При сварке алюминиевых сплавов с применением покрытых электродов используют постоянный ток обратной полярности, при этом в качестве источников питания применяют выпрямители или генераторы, которые имеют падающую вольтамперную характеристику. Сварку следует

выполнять короткой дугой при наклоне электрода порядка 60...80 градусов. Такой наклон электрода помогает улучшить визуальный контроль сварщиком за формированием сварочной ванны. Как правило, выполнять колебания электрода не следует.

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

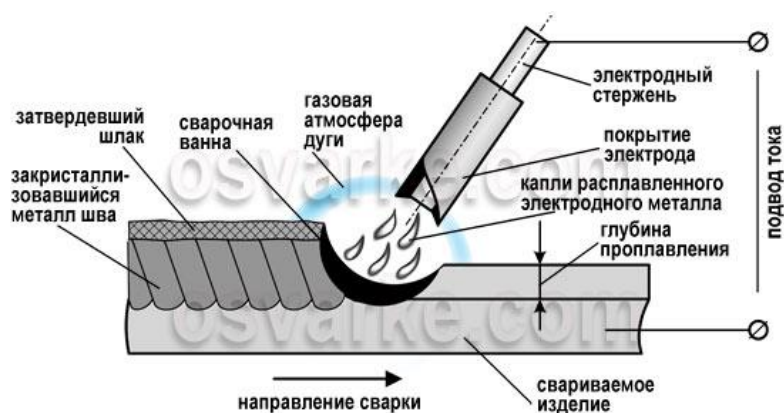


Рисунок 8 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

Механизированная сварка в защитных газах, схема выполнения которой представлена на рисунке 9, позволяет повысить производительность и качество по сравнению с ручной дуговой сваркой. Также следует отметить существенное улучшение условий труда сварщика.

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

горелки, через которое поступает сварочная проволока. Само сопло горелки должно обеспечивать надёжную газовую защиту, для чего диаметр составляет 18...22 мм [16].

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.

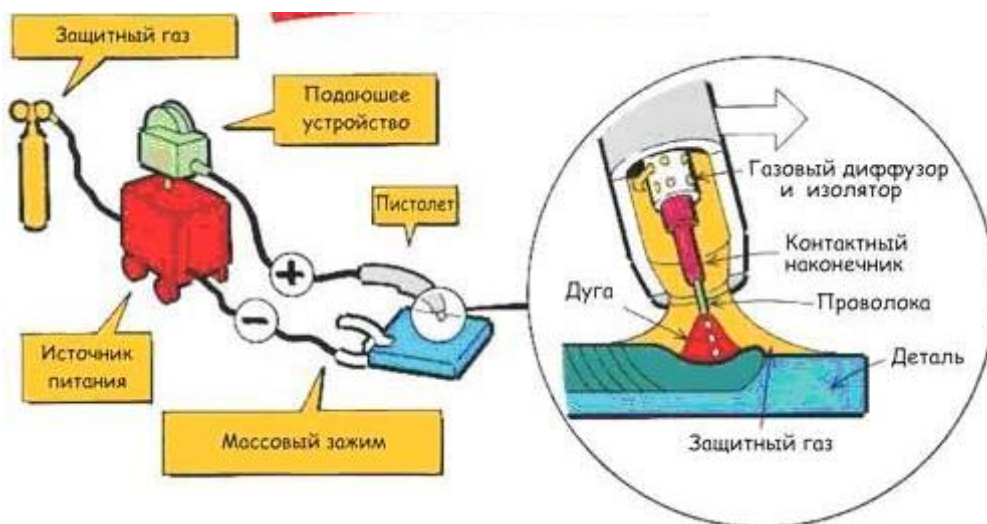


Рисунок 9 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах

Схема выполнения сварки неплавящимся электродом представлена на рисунке 10. 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.

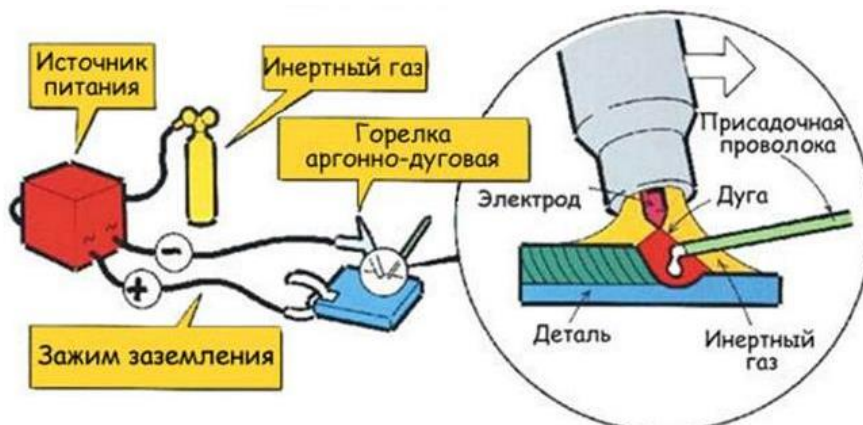


Рисунок 10 – Схема выполнения сварки неплавящимся электродом

Существенное ограничение применения аргодуговой сварки неплавящимся электродом происходит по причине недостатков этого способа сварки. Первым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргодуговой сварки неплавящимся электродом. Вторым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность. Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации.

На рисунке 11 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 [21], [27].

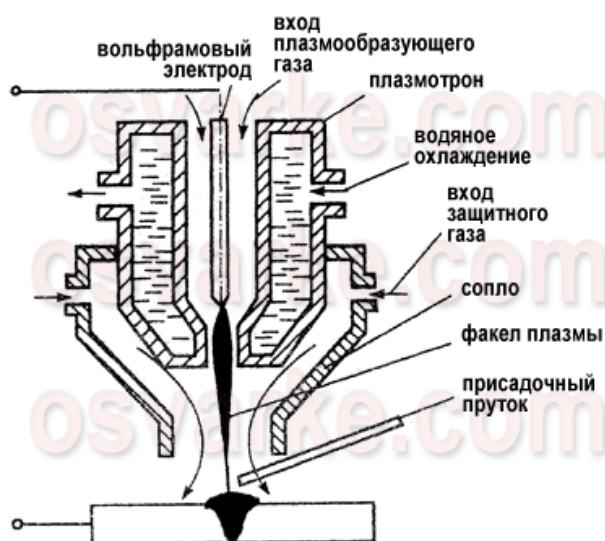


Рисунок 11 – Схема плазменной сварки

Горение сжатой дуги при плазменной сварке отличается высокой устойчивостью по отношению к различным возмущениям, в частности, при колебаниях длины дуги. Это особенно важно при проведении ремонтной

сварки, так как в этом случае деталь может иметь сложный профиль. Плазменную сварку деталей из алюминиевых сплавов в большинстве случаев ведут на постоянном токе обратной полярности.

На рисунке 12 представлена схема выполнения сварки трёхфазной дугой. Применение трёхфазной дуги позволяет выполнять сварку на переменном токе с высокой стабильностью качества [4], [10].

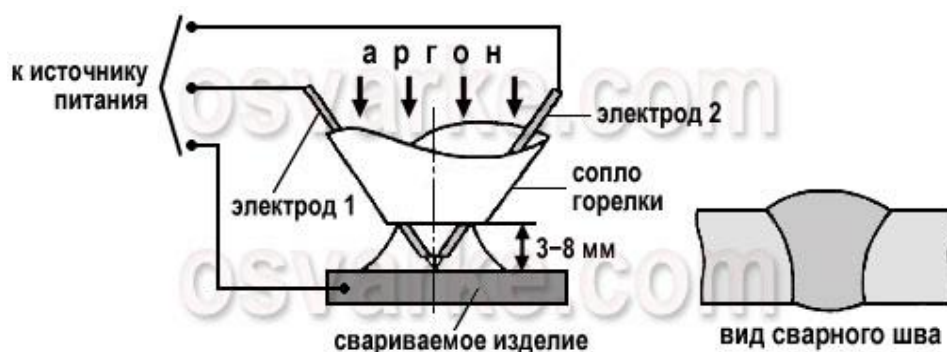


Рисунок 12 – Схема выполнения сварки трёхфазной дугой

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.

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

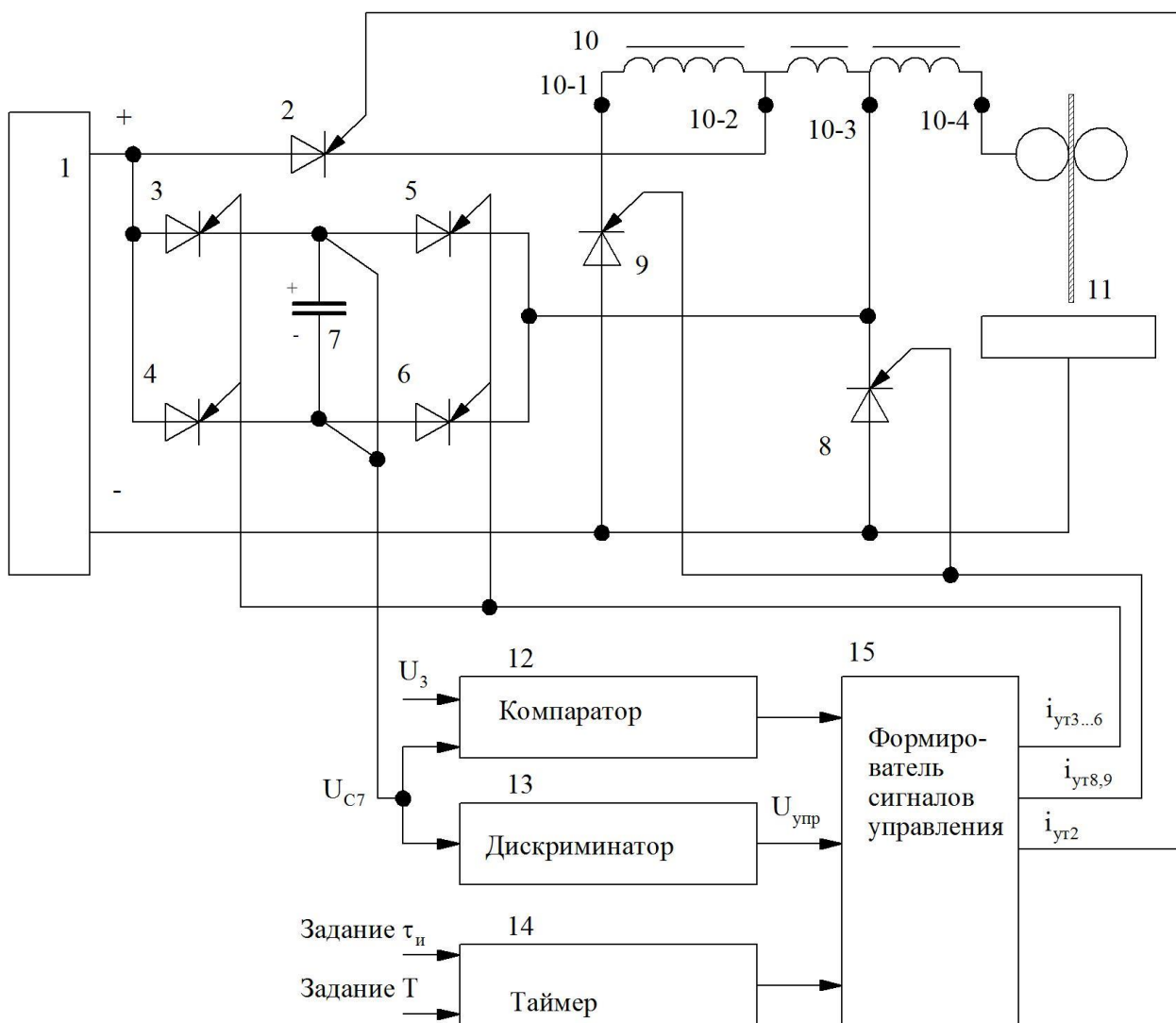
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки

Мировые производители сварочного оборудования (Cloos, Lincoln Electric, EWM, OTC, Fronius, Lorch, Kemppu) ведут интенсивные разработки в области повышения эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов за счёт применения импульсного управления сварочной дугой [5]. При этом удалось существенно снизить потери на разбрызгивание, которые довели до 1 %, при этом попадающие на поверхность детали капли имеют форму мелких шариков и не прилипают. За счёт управления горением дуги появилась возможность дозированного введения энергии в дуговой промежуток, контролировать протяженность фаз горения дуги, интенсифицировать перемешивание металла в сварочной ванне. Появилась возможность получения устойчивого дугового разряда при первом касании электродом детали. Сварочная дуга горит стабильно и предсказуемо [6], [14].

Для повышения эффективности импульсной сварки применим разработку отечественных исследователей [1], функциональная схема которой представлена на рисунке 13.

Предлагаемый источник питания содержит силовую часть и блок управления. В силовую часть включен источник питания с жёсткой вольтамперной характеристикой (показан на схеме позицией 1), силовой тиристор (показан на схеме позицией 2) и тиристорный мост, который содержит четыре тиристора (показаны на схеме позициями 3, 4, 5 и 6). В функциональную схему также включен конденсатор (показан на схеме позицией 7) и управляющие тиристоры (показаны на схеме позициями 8 и 9). В схему установлен индуктивный накопитель энергии (показан позицией 10), который имеет четыре отвода (показаны на схеме позициями 10-1, 10-2, 10-3 и 10-4). Выход сварочного источника 1 соединён с дуговым промежутком (обозначен на схеме позицией 11). Блок управления включает в

себя компаратор, дискриминатор, таймер и формирователь импульсов (показаны на схеме позициями 12, 13, 14 и 15).



1 - источник постоянного тока; 2 - силовой тиристор; 3, 4, 5 и 6 - тиристорный мост; 7 - конденсатор; 8, 9 - управляющие тиристоры; 10 - индуктивный накопитель энергии; 11 - дуговой промежуток; 12 - компаратор; 13 - дискриминатор; 14 - таймер; 15 - формирователь импульсов

Рисунок 13 – Функциональная схема работы импульсного источника питания

Таймер 14 служит для выработки временных сигналов для управления тиристорами 2, 3, 4 и 5. Компаратор 12 сравнивает измеренное значение напряжения U_{C7} на конденсаторе 7 с заданным значением, вырабатывает сигналы для управления работой тиристоров 8 и 9. Дискриминатор 13 постоянно определяет полярность заряда конденсатора 7. В зависимости от поступивших сигналов от таймера 14 и дискриминатора 13 формирователь

импульсов 15 подаёт сигнал на открытие пары тиристоров 3 и 6 или пары тиристоров 4 и 5.

На рисунке 14 представлена диаграмма работы предлагаемого источника импульсного питания сварочной дуги.

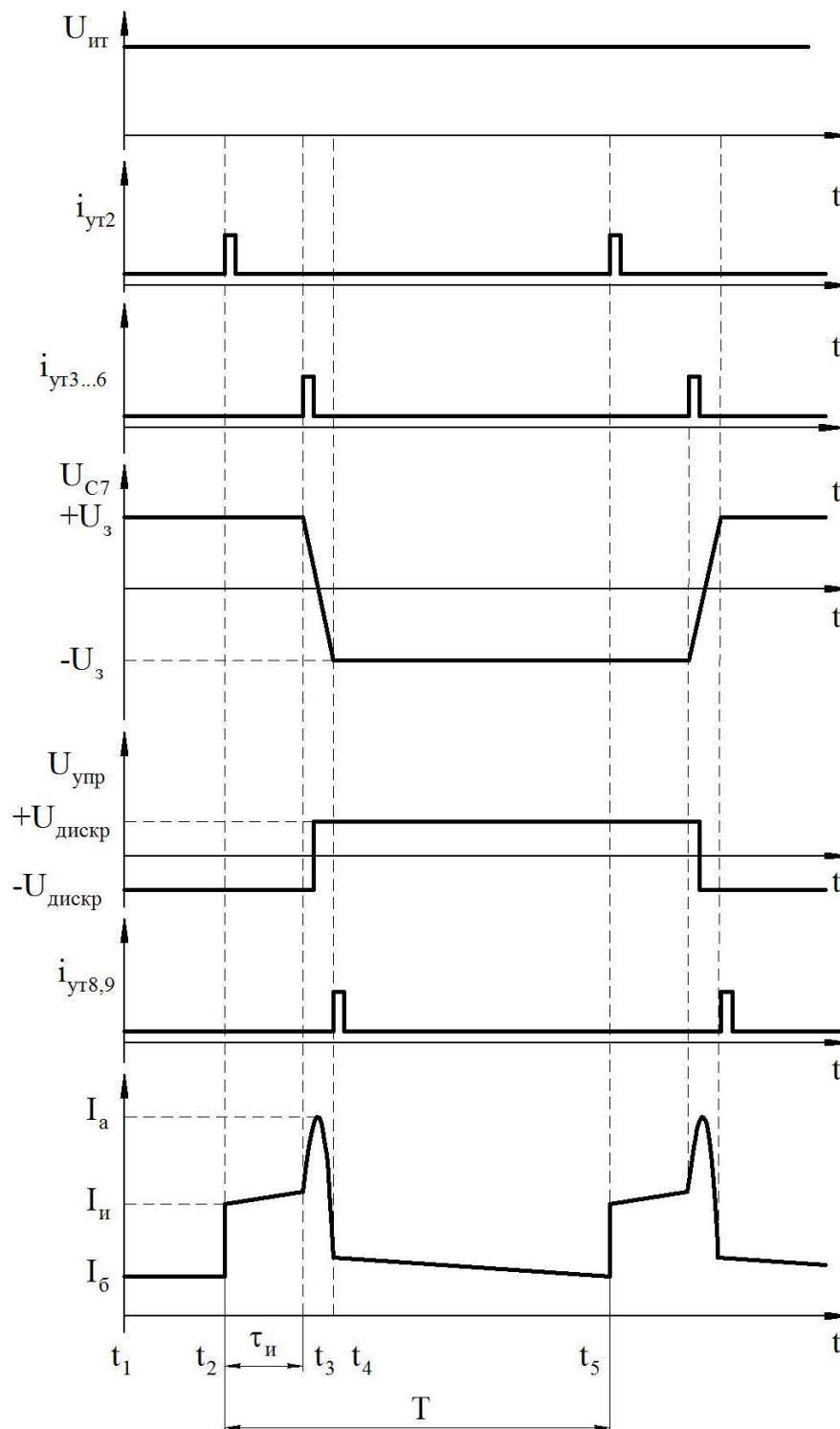


Рисунок 14 – Осциллограммы сигналов в предлагаемом источнике импульсного питания

Импульс сварочного тока имеет характеристики I_a – амплитуда импульса тока, $I_{п}$ – ток паузы, $I_{и}$ – ток предимпульса. Управляющие сигналы, которые поступают от формирователя импульсов управления: $i_{ут2}$ – импульс управления тиристором 2, $i_{ут3...6}$ – импульс управления тиристорами 3...6, $i_{ут8,9}$ – импульс управления тиристорами 8 и 9. От дискриминатора на формирователь импульсов поступает сигнал $U_{упр}$. Таймер задаёт временные параметры импульса: длительность импульса $\tau_{и}$ и период следования импульса T .

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 выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 15-а. Для подачи проволоки применяется механизм ПДГ 312-5, представленный на рисунке 15-б.



Рисунок 15 – Выпрямитель ВДУ-506 (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 импульса $I_{и}$ | 500...600 А | |
| Ток нормально горящей дуги $I_{г}$ | Толщина 3 мм | 60...80 А |
| | Толщина 4 мм | 100...120 А |
| Ток паузы $I_{п}$ | 20...30 А | |
| Время импульса $t_{и}$ | 2...3 мс | |
| Время горения нормально горящей дуги $t_{г}$ | 14...17 мс | |
| Время паузы $t_{п}$ | 1...3 мс | |

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 [9] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [2], [3].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [12], [13].

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.

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. | 1200 тыс. | 500 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» [12] | $K_{зав}$ | - | 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: $t_{шт.баз} = 33 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 40$ часов и $t_{шт.проектн.} = 26,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 32$ 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: $\Pi_{г.баз.} = 2054/40 = 51$ изделий для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/32 = 64$ 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 $\Pi_{г} = 40$ 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: $n_{\text{расч}} = 40 \cdot 40 / (2054 \cdot 1,03) = 0,8$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 32 \cdot 40 / (2054 \cdot 1,03) = 0,7$ 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 коэффициент загрузки оборудования.

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

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

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

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_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 40 \cdot 150 \cdot 1,88 = 11280$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 16 \cdot 150 \cdot 1,88 = 9024$ 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: $Z_{\text{доп}} = 11280 \cdot 12/100 = 1352$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 9024 \cdot 12/100 = 1082$ 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: $\text{ФЗП} = 11280 + 1352 = 12632$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 9024 + 1082 = 10106$ 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: $O_{\text{сн}} = 12632 \cdot 34/100 = 4296$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 10106 \cdot 34/100 = 3436$ 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 $H_{\text{а}}$, которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_{\text{а}} = 21,5 \%$. 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 $\Pi_{\text{об}}$.

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 1200000 \cdot 21,5 \cdot 40 / 2054 / 100 = 5024$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 500000 \cdot 21,5 \cdot 32 / 2054 / 100 = 1672$ 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: $P_{ээ} = 20 \cdot 40 \cdot 3,4 / 0,85 = 3200$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 30 \cdot 32 \cdot 3,4 / 0,85 = 3840$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 5024 + 3200 = 8224$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 1672 + 3840 = 5512$ 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: $C_{тех} = 4047 + 12632 + 4296 + 8224 = 29199$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 3112 + 10106 + 3436 + 5512 = 22166$ 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: $C_{\text{цех}}=29199+1,5 \cdot 11280 = 29199 + 16920 = 46119$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}= 22166 + 1,5 \cdot 9024 = 22166 + 13536 = 35702$ 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 $C_{\text{зав}} = 46119 + 1,15 \cdot 11280 = 46119 + 12972 = 59091$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}}= 35702 + 1,15 \cdot 9024 = 35702 + 10376 = 46078$ 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 | 12632 | 10106 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | ОСН | 4296 | 3436 |
| 4. Затраты на оборудование | Зоб | 8224 | 5512 |
| 5. Технологическая себестоимость | Стех | 29199 | 22166 |
| 6. Цеховые расходы | Рцех | 16920 | 13536 |
| 7. Цеховая себестоимость | Сцех | 46119 | 35702 |
| 8. Заводские расходы | Рзав | 12972 | 10376 |
| 9. Заводская себестоимость» [13] | Сзав | 59091 | 46078 |

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 $\Pi_{\text{об. б.}} = 1200000 - (60000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 684000$ 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 $K_{\text{общ. б.}} = 684000 \cdot 0,8 = 547200$ 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 $K_{об.пр.} = 500000 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 367500$ 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 $P_{дем} = 1200000 \cdot 0,05 = 60000$ 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 $P_{монт} = 500000 \cdot 0,05 = 25000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 60000 + 25000 = 85000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{общ. пр.} = 367500 + 85000 = 452500$ 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 $K_{\text{доп}} = 547200 - 452500 = 94700$ 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 $K_{\text{уд}} = 547200/40 = 13680$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 452500/40 = 11312$ 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 $\Delta t_{\text{шт}} = (40 - 32) \cdot 100 \% / 40 = 20 \%$.

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 $\Delta C_{\text{тех}} = (29199 - 22166) \cdot 100\% / 29199 = 24 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (46119 - 35702) \cdot 40 = 416680$ 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 $T_{ок} = 94700 / 416680 = 0,2$ 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 $\Delta_r = 416680 - 0,33 \cdot 94700 = 385429$ 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 385 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.

Базовая технология ремонта предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В ходе анализа исходных данных сформулированы недостатки базовой технологии:

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

На основании вышеизложенного были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы.

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.

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 385 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.

На основании результатов настоящей выпускной квалификационной работы доказана 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. При этом величина рассчитанного ранее экономического эффекта может быть увеличена многократно.

Список используемой литературы и используемых источников

1. А. с. 1682076 СССР, МКИ В23К9/09. Источник тока для импульсной сварки / Павшук В. М., Шейко П. П. Заявл. 31.05.89; опубл. 07.10.91, Бюл.№ 37, 6 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
4. Ельцов В. В. Объект исследований – трехфазная сварочная дуга // Сборник трудов к 40-летию кафедры ОТСП и 75-летию В.И. Столбова ; под ред. В. В. Масакова, В.П. Сидорова. Тольятти : ТГУ, 2007, С. 105-116.
5. Ермолин С. А., Тарасов А. С. Технологические возможности инверторных источников питания для механизированной дуговой сварки // Записки горного института. 2014. Т. 209. С. 42–46.
6. Зайцев О. И. Прогнозирование параметров режима при импульсно-дуговой сварке алюминиевых сплавов : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06 / Олег Игоревич Зайцев ; Тульский государственный университет. Тула, 2003.
7. Ищенко А. Я., Мишенков В. А., Чаюн А. Г. Аргодуговая сварка алюминиевых сплавов АМг5 и 01381 на постоянном, переменном и асимметричном токе // Автоматическая сварка. 1978. № 11. С. 46-48.
8. Калеко, Д. М. Современные способы дуговой сварки алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 1994. № 5–6. С. 35–37.
9. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
10. Короткова Г. М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов : монография. Тольятти : ТГУ, 2009. 335с.

11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
12. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
13. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
14. Лебедев В. А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2007. № 11. С. 26–30.
15. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.
16. Рабкин Д. М., Игнатъев В. Г., Довбищенко И. В. Сварка алюминия и его сплавов. Киев : Изд-во "Наукова думка", 1983. 80 с.
17. Рабкин Д. М., Лозовская А. В., Склабинская И. Е. Металловедение сварки алюминия и его сплавов. Киев : Наукова думка, 1992. 160 с.
18. 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.
19. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.
20. Щицын Ю. Д., Гилев И. А., Беленин Д. С. Плазменная сварка алюминиевых сплавов при работе двухдугового плазматрона на токе обратной полярности // Вестник ПНИПУ. 2015. № 3. С. 61-70.
21. Щицин Ю. Д., Синани И. Л., Белинин Д. С., Неулыбин С.Д. Совершенствование технологий плазменной сварки проникающей дугой цветных металлов и сложнолегированных сплавов // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. № 4. С. 427–431.

22. Юсуфова, З. А. О механизме разрушения окисных плён в стыке при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов // Сварочное производство. 1979. № 10. С. 25-26.
23. Anderson T. Aluminum's role in welded fabrications // Welding Journal. 2009. vol. 88. P. 26–30.
24. Ardika R.D., Triyno T.,Muhayat N. A review porosity in aluminum welding // Procedia Structural Integrity. vol. 33. P. 171–180.
25. Mathers G. The welding of aluminium and its alloys. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002. 312 p.
26. Olabode M., Kah P., Martikainen J. Aluminium alloys welding processes: Challenges, joint types and process selection // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture. 2013. vol. 112. P. 1129–1137.
27. Wu C.S., Wang L., Ren W.J., Zhang X.Y. Plasma arc welding: Process, sensing, control and modeling // Journal of Manufacturing Processes. 2014. № 16. P. 74–85.