

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологии сварки алюминиевого воздуховода

Студент

Е.Ю. Юдин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.И. Плахотный

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

д.э.н., профессор И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Дерябин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

к.т.н., доцент В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Ельцов

(учёная степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 2017 г.

Тольятти 2017 г.

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

(наименование института полностью)

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

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ___ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Юдин Евгений Юрьевич

1. Тема Разработка технологии сварки алюминиевого воздуховода
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» ____ 2017г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе научные статьи, патенты, материалы дипломов, ранее выполненных по схожей тематике на кафедре «СОМДиРП» ТГУ
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)
Введение (обоснование актуальности и своевременности проекта). Формулировка цели проекта.
 - 1) Состояние вопроса.
 - 1.1) Описание изделия и условия его эксплуатации.
 - 1.2) Анализ свойств материала конструкции (хим. состав, мех. свойства, возможные сложности при сварке).
 - 1.3) Описание базового технологического процесса сборки и сварки.
 - 1.4) Критический анализ базового варианта процесса сборки и сварки.
 - 1.5) Анализ известных решений по теме выпускной квалификационной работы
 - 1.6) Формулировка задач проекта.
 - 2) Проектный технологический процесс варки.

2.1) Повышение эффективности выбранного способа применительно к рассматриваемому изделию

2.2) Выбор оптимальных параметров режима сварки

2.3) Описание технологических операций, требований, применяемого оборудования и материалов

3) Безопасность и экологичность проекта.

4) Экономическая часть.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1) Чертеж изделия – 1 лист.

2) Базовый технологический процесс – 1 лист.

3) Анализ способов сварки – 1 лист.

4) Проектный технологический процесс – 2 листа.

5) Экономический лист – 1 лист.

6. Консультанты по разделам: Экономическая эффективность И.В. Краснопевцева; Безопасность и экологичность технического объекта И.В. Дерябин; Норма контроль В.Г. Виткалов.

7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 20 ____ г.

Заказчик

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Руководитель выпускной
квалификационной работы

_____ (подпись)

Д.И. Плахотный

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

Е.Ю. Юдин

_____ (И.О. Фамилия)

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

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента Юдина Евгения Юрьевича

по теме: «Разработка технологии сварки алюминиевого воздуховода»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Характеристика изделия, принцип действия, условия эксплуатации, требования к сварным соединениям	16.01.17 – 30.01.17	30.01.17	выполнен	
2. Анализ технологии, сварочного и технологического оборудования, применяемого для выполнения сварных швов при изготовлении изделия	01.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнен	
3. Анализ известных технических решений по теме	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнен	
4. Выбор сварочных материалов, оборудования и назначение параметров режима сварки.	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнен	
5. Разработка проектной технологии и технологической карты	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнен	
6. Безопасность и экологичность проекта	01.05.17 – 14.05.17	14.05.17	выполнен	
7 Технико-экономическое обоснование проекта	15.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнен	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

Д.И. Плахотный

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Е.Ю. Юдин

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

До настоящего времени достаточно остаётся широко применимой практика ручной дуговой сварки алюминия штучными электродами, которая позволяет получать удовлетворительное качество сварки при высокой производительности процесса. Однако дальнейшее совершенствование технологий должно быть направлено в стороны повышения механизации сварки.

Цель работы – повышение производительности и качества сварки алюминиевого воздуховода.

В работе решены задачи:

- 1) повысить эффективность механизированной сварки плавящимся электродом алюминия;
- 2) составить проектную технологию сборки и сварки изделия;
- 3) произвести анализ опасных и вредных производственных факторов, возникающих при реализации проектной технологии, и предложить меры защиты от них;
- 4) произвести экономическое обоснование эффективности внедрения проектной технологии в производство.

За счёт снижения трудоёмкости на 67 % при внедрении проектной технологии себестоимость сварки снижается на 66 %. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 1,86 млн. рублей.

Пояснительная записка состоит из 57 страниц, включает в себя 20 таблиц, 12 иллюстраций, библиографический список содержит 25 наименования источников. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия и условий его работы	8
1.2 Сведения о материале изделия	12
1.3 Базовая технология сварки изделия	14
1.4 Анализ способов сварки алюминия	18
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	24
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ИЗДЕЛИЯ	
2.1 Повышение эффективности механизированной сварки алюминия плавящимся электродом	25
2.2 Описание операций технологического процесса	30
2.3 Планировка участка	35
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	37
3.2 Идентификация персональных рисков	38
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	39
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	40
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	42
3.6 Заключение по разделу	42
4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	55

ВВЕДЕНИЕ

Алюминий широко применяется в машиностроении, судостроении, строительстве. Область применения алюминия все больше расширяются, а объемы потребления этого металла продолжают расти. Алюминиевые сплавы получили достаточно большое преимущество в авиастроении, энергетическом машиностроении, атомной технике и радиоэлектронной промышленности. Не смотря на более высокую стоимость алюминиевых сплавов по сравнению с конструкционными сталями, объем алюминиевых сплавов при производстве сварных конструкций непрерывно повышается. Это объясняется эксплуатационными свойствами алюминия и его сплавов, такими как высокая коррозионная стойкость в ряде агрессивных жидких и газовых сред, немагнитность, а также высокие электро- и теплопроводность.

При изготовлении и ремонте изделий из алюминия и алюминиевых сплавов в основном используется сварка. Процесс сварки алюминия имеет ряд особенностей по сравнению со сваркой стальных конструкций. Эти особенности связаны со свойствами и характеристиками алюминия. Высокое качество продукции может быть обеспечено при условии выделения достаточного внимания специфике сварки алюминия. Исследования в области сварки алюминиевых сплавов проводятся в институте электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, Тольяттинском государственном университете, Волгоградском государственном техническом университете, а также в Японии и США.

До настоящего времени достаточно остаётся широко применимой практика ручной дуговой сварки алюминия штучными электродами, которая позволяет получать удовлетворительное качество сварки при высокой производительности процесса. Однако дальнейшее совершенствование технологий должно быть направлено в стороны повышения механизации сварки. **Цель работы** – повышение производительности и качества сварки алюминиевого воздуховода.

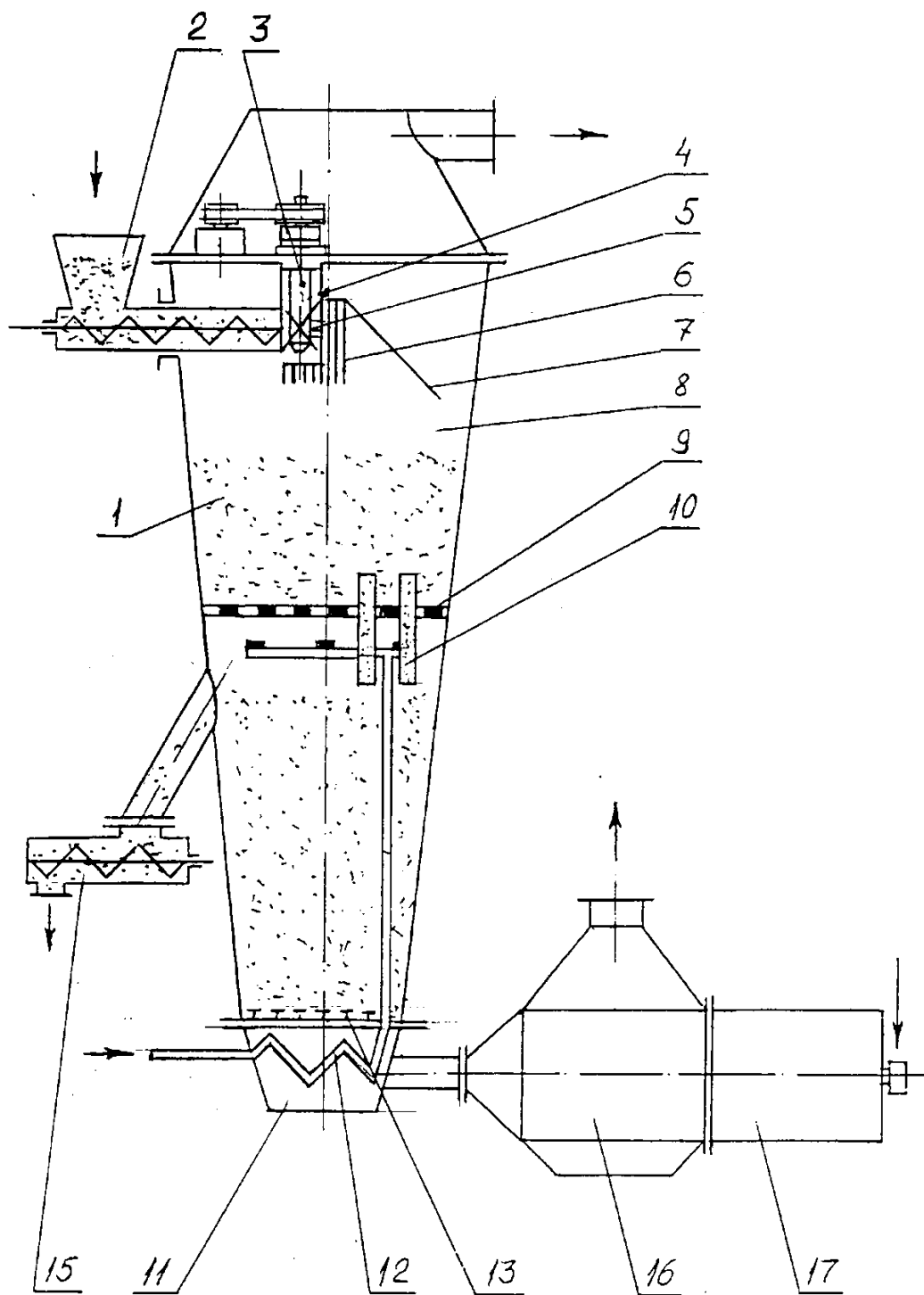
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание изделия и условий его работы

Сушилка кипящего слоя применяется при просушке дисперсных материалов в химической промышленности

Установка (рис. 1.1) состоит из печи 1 кипящего слоя, шнекового питателя 2, на выходе которого параллельно вертикальной оси расположен лопастной измельчитель 3, в корпусе 4 которого выполнено окно 5. Концентрично корпусу 4 расположены стержни 6, закрепленные в конусном отражателе 7. Печь 1 содержит верхнюю камеру 8, решетку 9 провального типа, переливные трубы 10, нижнюю камеру 11, в которой установлен теплообменник 12 под нижней решеткой 13 беспровального типа. Выходы теплообменника 12 расположены под верхней решеткой 9. Кроме того, печь 1 содержит механизм выгрузки 15. За печью 1 установлен холодильник газов 16, циклонная топка 17.

Влажный субстрат подается шнековым питателем 2 в верхнюю камеру 8 печи 1. При выходе из питателя 2 гидроокись захватывается лопастью измельчителя 3, выбрасывается с высокой скоростью в окно 5, часть ее, ударяясь о стержни 6, и другая часть, прошедшая между стержнями, ударяясь о конусный отражатель, рассеивается и равномерно распределяется на верхней решетке 9. Попадая на верхнюю решетку 9, влажный продукт в псевдооживленном слое высушивается, обезвоживается и частично карбонизируется и по переливным трубам 10 протекает в нижнюю камеру 11, где на решетке 13 также в псевдооживленном слое окончательно карбонизируется и обезвоживается. Готовый продукт механизмом выгрузки 15 выводится из печи. Топочный газ, содержащий СО, из циклонной топки 17 через холодильник 16 подается в нижнюю камеру 11 печи. В нижней камере 11 под решеткой 13 через теплообменник 12 пропускается воздух. Нагретый воздух из теплообменника 12 подается под верхнюю решетку.



- 1 – печь кипящего слоя; 2 – шнековый питатель; 3 – лопастной измельчитель;
 4 – корпус измельчителя; 5 – окно; 6 – стержни; 7 - конусный отражатель;
 8 - верхняя камера; 9 – решетка провального типа; 10 – переливные трубы;
 11 - нижняя камера, 12 – теплообменник; 13 - нижняя решетка
 беспровального типа; 15 – механизм выгрузки; 16 – холодильник газов;
 17 –циклонная топка

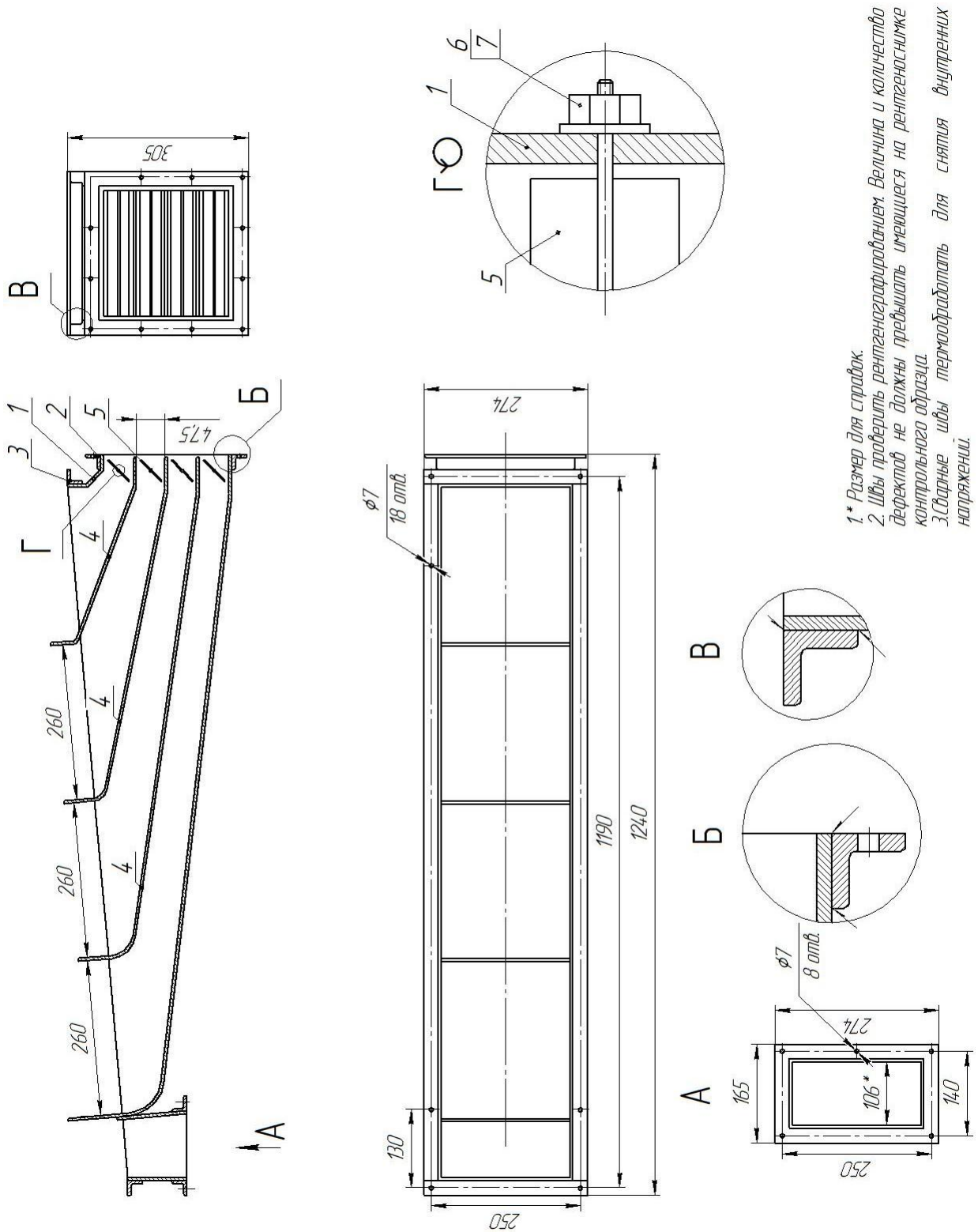
Рисунок 1.1 – Устройство сушилки кипящего слоя

Характеристика объекта:

- Материал: Метол ($C_7H_{10}NO$) $_2SO_4$;
- Производительность (по высушенному материалу): 500 кг/ч;
- Влажность материала начальная: 3,5 %;
- Влажность материала конечная: 0,95 %;
- Плотность материала: 1256 кг/м³;
- Температура влажного материала: 30 °С;
- Теплоемкость сухого материала: 0,806 кДж/(кг·К);
- Тепловые потери: 15 %;
- Сушильный агент: воздух;
- Средний диаметр частиц , 2...4 мм.

Температура воздуха, поступающего под решётку, составляет $t_1=70^\circ\text{C}$, температура выходящего воздуха составляет $t_2=50^\circ\text{C}$. Температура выгружаемой соли приблизительно равна температуре отходящего воздуха, т. е. $t_2=50^\circ\text{C}$.

Стенки сушилки расходятся под углом 5° что позволяет контролировать толщину кипящего слоя и снижает количество материала, уносимого потоками воздуха. Воздуховод (рис. 1.2) выполнен разделенным перегородками на четыре равные части для выравнивания потока воздуха по сечению сушилки. На входе в каждую четверть воздуховода установлена заслонка, углом поворота которой регулируется сопротивление соответствующей четверти воздуховода что позволяет еще больше выровнять поток. Воздуховод состоит из следующих частей: 1 – корпус; 2 – фланец; 3 – уголок; 4 – перегородка; 5 – заслонка.



1* Размер для справок.
 2. Швы проверить рентгенографированием. Величина и количество дефектов не должны превышать имеющиеся на рентгеновском контрольном образце.
 3. Сварные швы термообработать для снятия внутренних напряжений.

1 – корпус; 2 – фланец; 3 – уголок; 4 – перегородка; 5 - заслонка

Рисунок 1.2 – Воздуховод сушилки кипящего слоя

1.2 Сведения о материале изделия

Элементы воздуховола изготавливают из алюминия А5 – алюминий химической чистоты (табл. 1.1, 1.2). Алюминиевый лист А5 является одним из самых популярных видов листового алюминия. Благодаря тому, что в сплаве А5 используется минимальное количество добавок, листы из сплава А5 обеспечивают отличную пластичность и коррозионной стойкостью. Листы А5 могут применяться в нагартованном состоянии – листы А5н, благодаря дополнительной обработке (нагартовке) листы становятся более жесткие, но при этом становятся менее эластичные.

Таблица 1.1 – Химический состав алюминия А5

Fe	Si	Ti	Al	Cu	Zn
до 0,3 %	до 0,3 %	до 0,03 %	99,5 %	до 0,02 %	до 0,06 %

Таблица 1.2 – Механические свойства листов из алюминия А5

Параметр	Значение
Предел кратковременной прочности	60 МПа
Относительное удлинение при разрыве	20...28 %

Сложности сварки алюминиевых сплавов [3]

1) Алюминиевые сплавы имеют большой коэффициент линейного расширения и низкий модуль упругости, поэтому у них наблюдается повышенная склонность к короблению. Уровень сварочных деформаций у конструкций из сплавов алюминия в 1,5...2 раза превышает уровень сварочных деформаций у аналогичных конструкций из стали.

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

- 3) Необходимо обеспечить самую тщательную химическую очистку сварочной проволоки, механическую очистку и обезжиривание свариваемых деталей. Вследствие резкого повышения растворимости газов в нагретом металле и задержки их в металле при остывании наблюдается интенсивная пористость пористость, которая снижает прочность и пластичность металла.
- 4) Алюминиевые сплавы имеют высокую теплопроводность, поэтому становится необходимо применять мощные источники нагрева. Становится необходимым также применение предварительного подогрева до 150...200 °С и сопутствующего подогрева места сварки.
- 5) Металл шва имеет грубую столбчатую структуру, на границах зёрен выделяет легкоплавкую эвтектику, поэтому склонен к возникновению трещин, которая усугубляется значительными усадочными напряжениями из-за высокой литейной усадки алюминия (до 7 %).

Чтобы разрушить и удалить окисные пленки, защитить металл от повторного окисления, при сварке алюминия необходимо применение специальных флюсов или создание атмосферы инертных газов. Положительное действие флюсов проявляется в растворении пленки окислов алюминия. При сварке в защитных газах разрушение окисной пленки происходит в результате электрических процессов. Этот механизм реализуется при сварке плавящимся электродом на постоянном токе обратной полярности и при сварке неплавящимся электродом на переменном токе с использованием специальных источников тока.

Для предупреждения образования пор необходимо проводить тщательную механическую очистку поверхности свариваемых заготовок и сварочной проволоки или химическую их очистку (например, раствором NaOH). Борьбу с горячими трещинами ведут металлургическим путем, для этого через сварочную проволоку в шов вводят железо, нейтрализующее вредное влияние кремния, и модификаторы: цирконий, титан, бор, которые способствуют измельчению кристаллитов в шве.

1.3 Базовая технология сварки изделия

Подготовка кромок изделия

Операции сварки обязательно должна предшествовать тщательная подготовка свариваемых кромок, цель которой – очистка кромок от загрязнений и окисной пленки. Подготовка кромок предусматривает выполнение следующих действий:

- Очистка и обезжиривание. Свариваемые детали перед сваркой тщательно очищаются от грязи, масла и жира. Обезжиривание производят ацетоном, авиационным бензином, уайт-спиритом или иным подходящим растворителем.
- Разделка кромок (при необходимости). Сварку деталей толщиной до 4 мм выполняют без разделки кромок, при большей толщине требуется разделка. Исключением из этого правила является сварка алюминия покрытыми электродами, при которой разделку кромок выполняют при толщине металла выше 20 мм.
- Удаление оксидной пленки. Кромки деталей на ширине 25...30 мм зачищают наждачной бумагой, напильником или металлической щеткой из нержавеющей стали с диаметром проволоки не более 0,15 мм.

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

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

Предварительный подогрев

Для получения удовлетворительного качества шва необходим подогрев до температуры 250...300 °С. Подогрев и медленное охлаждение позволяют получить достаточное проплавление металла при умеренных сварочных токах, избежать возникновения кристаллизационных трещин и уменьшить коробление. При сварке крупных деталей целесообразен локальный

подогрев. Контроль температуры подогрева осуществляют при помощи термопар ОППИР-09 или термокарандашей.

Сборка и прихватка

Для выполнения прихваток применяются электроды ОЗАНА-1. Прихватки выполняют на постоянном токе обратной полярности. Диаметр электрода 5 мм, ток сварки 120...150 А. Прихватки осуществляют после предварительного подогрева до температуры 250...300 °С.

Сварка

Покрытыми электродами можно сваривать как технически чистый алюминий, так и его сплавы. Взамен старых, имеющих значительные недостатки, марок ОЗА-1 и ОЗА-2, сегодня выпускаются более совершенные электроды для сварки алюминия УАНА и ОЗАНА, позволяющие сваривать все основные виды алюминиевых сплавов. В частности, для сварки деталей из алюминия технической чистоты используются электроды ОЗАНА-1 (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Сварочный шов, выполненный электродами ОЗАНА-1

Сварка алюминиевыми электродами имеет свои особенности, вызываемые тем, что они плавятся в 2...3 раза быстрее, чем стальные. Скорость сварки, следовательно, должна быть существенно выше. При обрывах дуги кратер и конец электрода покрываются коркой шлака, препятствующей повторному зажиганию дуги. В связи с этим сварку

рекомендуется выполнять непрерывно в пределах одного электрода. Поперечных колебаний электродом (как при сварке стали) делать не следует.

Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. Диаметр электрода 5 мм, ток сварки 120...150 А.

Сразу же после сварки необходимо удалить шлак со шва, промыть его горячей водой и обработать стальной щеткой. Наличие шлака в зазорах и углах может вызвать коррозию металла.

Таблица 1.3 – Типичные механические свойства наплавленного металла электродами ОЗАНА-1

Параметр	Значение
Временное сопротивление разрыву	70 МПа
Угол изгиба сварного соединения	180 градусов

Таблица 1.4 – Типичный химический состав наплавленного металла электродами ОЗАНА-1

Элемент	Количество
Al	Основа
Si	до 0,5 %
Fe	до 0,2 %

Для сварки применяется инвертор CLOOS QINEO CLE 202 (рис. 1.4).

Таблица 1.5 – Техническая характеристика инвертора CLOOS QINEO CLE 202

Параметр	Значение
Напряжение и частота сети	220 В, 50 Гц
Ток сварки	5...200 А
Ток сварки при ПВ=25 %	200 А
Ток сварки при ПВ=100 %	100 А
Напряжение холостого хода	71 В
Габариты и вес	500x195x365 мм, 19 кг



Рисунок 1.4 - Инвертор CLOOS QINEO CLE 202

Контроль качества

После сварки производят визуально-измерительный контроль качества выполненного соединения по всей длине шва. Характерными дефектами, возникающими при сварке алюминиевых сплавов, является: газовая пористость; оксидные пленки; горячие и холодные трещины; несплавления; раковины.

По результатам визуального контроля недопустимыми дефектами являются: трещины; наплывы; прожоги; незаваренные кратеры; выходы кратера на основной металл; непровары; подрезы.

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

Для обнаружения внутренних дефектов применяют рентгеновский контроль при помощи аппарата РПД-150-С.

1.4 Анализ способов сварки алюминия

Произведём обзор и выбор способа сварки на основе конструктивно-технологического анализа сварной конструкции.

1. Химическая активность материала сварной конструкции.

Способы сварки:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами;
- автоматическая сварка под флюсом;
- механизированная и автоматическая сварка плавящейся проволокой в защитных газах;
- ручная и автоматическая неплавящимся электродом в защитных газах;
- сварка сжатой дугой (плазменная сварка).

2. Толщина материала. Толщина материала в зоне сварки составляет 5 мм. Для такой толщины можно применять такие способы сварки:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами;
- автоматическая сварка под флюсом;
- механизированная и автоматическая сварка плавящейся проволокой в защитных газах;
- ручная и автоматическая неплавящимся электродом в защитных газах;
- сварка сжатой дугой (плазменная сварка).

3. Протяжённость, конфигурация и положение швов в пространстве. Конструкция сварного соединения представляет стыковые, угловые и тавровые соединения. Протяжённость швов небольшая (порядка 200 мм). Пространственное положение при сварке – поворотное, т.е. может быть обеспечено оптимальное положение при сварке изделия (в случае такой необходимости). Применение сварки под флюсом затруднительно вследствие осыпания флюса с изделия и малой протяжённости сварных швов. Поэтому можно применять такие способы сварки:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами;
- механизированная сварка плавящейся проволокой в защитных газах;

- ручная сварка неплавящимся электродом в защитных газах;
- сварка сжатой дугой (плазменная сварка).

4. Соответствие степени механизации способа сварки условиям производства сварной конструкции. При выпуске однотипной продукции в мелкосерийном производстве наиболее рационально использовать механизированные и ручные способы сварки., поэтому применимы следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами;
- механизированная сварка плавящейся проволокой в защитных газах;
- ручная сварка неплавящимся электродом в защитных газах;
- сварка сжатой дугой (плазменная сварка).

Эти четыре способа и прием для дальнейшего рассмотрения.

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка может применяться для изготовления конструкций из алюминия технической чистоты, сплавов Амц и силуминов. Толщина свариваемого металла зависит от диаметра электрода.

Обычно минимальный диаметр электрода принимают 4 мм, что объясняется трудностями при сварке электродами малого диаметра из-за высокой скорости плавления электродов. В связи с этим толщина свариваемого металла должна быть не менее 4 мм, а угловые швы должны иметь катеты не менее 6 мм. Данный способ сварки может быть рекомендован при в нижнем положении сварке стыковых соединений. Также возможна сварка тавровых и нахлесточных соединений, но при их выполнении следует предусмотреть удаление остатков шлака. Сварку на вертикальной плоскости трудно осуществить, а сварка в потолочном положении не применяется из-за полной невозможности удержать ванну расплавленного металла.

Сварку алюминия покрытыми электродами выполняют постоянным током обратной полярности. В качестве источников питания применяют

сварочные генераторы или выпрямители с падающей внешней характеристикой. Дугу поддерживают более короткой. Наклон электрода составляет $90...60^\circ$. Сварка наклонным электродом позволяет легче следить за ванной расплавленного металла. Перед сваркой стыковых и угловых швов кромки листов подогревают газовым пламенем. Температуру подогрева выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей.

Ручная дуговая сварка алюминия покрытыми электродами может быть рекомендована только в нижнем положении и, как правило, без колебаний конца электрода. Угловые швы тавровых соединений сваривают на тех же режимах, что и стыковые соединения. При многослойной сварке корневые швы выполняют электродами меньшего диаметра. После сварки с поверхности шва удаляют шлак. Брызги электродного металла и лишнее усиление шва удаляют скребком, пневматической фрезой или зубилом.

Таким образом, кратко сформулируем преимущества ручной дуговой сварки покрытыми электродами:

1. Высокая мобильность способа
2. Не требуется защитный газ
3. Простота оборудования

Кратко сформулируем недостатки ручной дуговой сварки покрытыми электродами:

1. Разбрызгивание металла
2. Увеличенная зона термического влияния

Механизированная сварка плавящейся проволокой в защитных газах

Механизированная сварка плавящимся электродом нашла применение при строительстве металлических конструкций со стыковыми, тавровыми, нахлесточными и другими соединениями при толщине металла 4...6 мм и более. Экономическая целесообразность применения сварки плавящимся электродом возрастает с увеличением толщины металла, глубокое проплавление которого обеспечивает процессу высокую производительность.

Этим способом сварки удастся получать надежное проплавление корня шва при сварке тавровых и нахлесточных соединений.

Механизм подачи проволоки должен иметь такую конструкцию, которая обеспечивала бы надежность и стабильность поступления мягкой алюминиевой проволоки. Обычно в конструкции таких механизмов предусмотрено наличие пары ведущих и прижимных роликов, что призвано уменьшить возможность проскальзывания проволоки и устранить её сминание.

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

Таким образом, кратко сформулируем преимущества механизированной сварки плавящейся проволокой в защитных газах:

1. Высокая производительность способа
2. Не требуется высокой квалификации сварщика
3. Хорошая газовая защита зоны сварки

Кратко сформулируем недостатки механизированной сварки плавящейся проволокой в защитных газах:

1. Разбрызгивание металла
2. Опасность пористости
3. Малая стабильность качества сварки (по сравнению с TIG)

Ручная сварка неплавящимся электродом в защитных газах

При сварке вольфрамовым электродом электрическая дуга используется для нагрева и расплавления металла в зоне сварки. Защитный газ, который поступает из газового сопла, защищает сварочную ванну и электрод, не дает расплаву реагировать с воздухом. Обычно в качестве защитного газа используется аргон, гелий или их смесь. Сам электрод, выполненный из тугоплавкого материала, расположен в центре газового

сопла и не плавится. Присадочный материал подается в зону сварки извне обычно вручную. Присадочный элемент – это проволока, которая, расплавляясь, образует шов.

Метод TIG применяется для сварки изделий из алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, стальных нержавеющей труб, емкостей высокого давления, теплообменников, изделий для пищевых продуктов. Преимуществами аргонно-дуговой сварки являются очень высокое качество сварного шва, отсутствие брызг, практическое отсутствие шлаков. Основным недостатком – невысокая скорость сварки. Требуется высокой квалификации от сварщика, в быту применяется редко.

Таким образом, кратко сформулируем преимущества ручной сварки неплавящимся электродом в защитных газах:

1. Уменьшается зона термического влияния
2. Хороший внешний вид соединения
3. Возможность регулирования доли присадочного металла

Кратко сформулируем недостатки ручной сварки неплавящимся электродом в защитных газах:

1. Уменьшается производительность
2. Дороговизна защитного газа (аргон или гелий)
3. Требуется высокая квалификация сварщика
4. Высокие требования к подготовке деталей и проволоки.

Сварка сжатой дугой (плазменная сварка)

Плазменная сварка (сжатой дугой) производится постоянным током обратной полярности. Высокая плотность тока в столбе дуги, большая концентрация энергии при плазменном процессе позволяют повысить скорость сварки, улучшить зону термического влияния и уменьшить деформацию конструкций по сравнению с аргонодуговой сваркой переменным током.

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

В качестве основных отличий плазменной дуги от обычной можно отметить:

- более высокую температуру;
- меньший диаметр дуги;
- цилиндрическую форму дуги;
- увеличенное в 6...10 раз давление дуги на металл, по сравнению с обычной дугой;
- возможность поддержания дуги на малых токах сварки (порядка 0,2...30 А).

Кратко сформулируем преимущества сварки сжатой дугой (плазменной сварки):

1. Самая высокая производительность
2. Самая малая зона термического влияния
3. Уменьшается расход аргона
4. Самое стабильное качество сварки

Кратко сформулируем недостатки сварки сжатой дугой (плазменной сварки):

1. Сложность и дороговизна оборудования
2. Малая универсальность способа.

На основании анализа возможных способов сварки сделаем вывод о перспективности применения механизированной сварки плавящейся проволокой в защитных газах. Однако для внедрения этого способа сварки в проектную технологию необходимо устранить недостатки:

1. Разбрызгивание металла
2. Опасность пористости
3. Малая стабильность качества сварки (по сравнению с TIG)

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

На основании проведённого анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) повысить эффективность механизированной сварки плавящимся электродом алюминия;
- 2) составить проектную технологию сборки и сварки изделия;
- 3) произвести анализ опасных и вредных производственных факторов, возникающих при реализации проектной технологии, и предложить меры защиты от них;
- 4) произвести экономическое обоснование эффективности внедрения проектной технологии в производство.

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ИЗДЕЛИЯ

2.1 Повышение эффективности механизированной сварки алюминия плавящимся электродом

Повышение эффективности дуговой сварки возможно за счёт управления горением дуги и ее свойствами, что позволит повысить стабильность горения дуги и получить направленный перенос электродного металла в сварочную ванну. Максимальный положительный эффект достигается при сварке в положениях, отличных от нижнего, а также при управлении первичной кристаллизацией металла шва и термическим циклом в околошовной зоне) [7].

Импульсное управление горением дуги сварке можно разделить на:

- сварка модулированным током;
- импульсно-дуговая сварка;
- сварка пульсирующей дугой;
- сварка с импульсной подачей проволоки.

Одним из путей повышения эффективности механизированной сварки алюминиевых сплавов является применение импульсной подачи электродной проволоки, которая осуществляется новыми механизмами подачи. В этом направлении достигнуты существенные успехи, улучшилось формирование металла шва и его структура, снизились потери электродного металла [8].

Разрабатываемые и предлагаемые на рынке полуавтоматы для сварки и наплавки постоянно совершенствуются с целью получения швов и наплавленных валиков с оптимальными соотношениями геометрических параметров и качества металла, в том числе и околошовной зоны; снижения затрат на последующую обработку; уменьшения расхода материальных и энергетических ресурсов; уменьшения влияния на процессы сварки и наплавки сварщика-оператора [9].

Одними из первых разработок в области управляемого переноса электродного металла с использованием инверторных источников сварочного тока явились технические решения, предложенные фирмой «КЕМРПИ» (Финляндия), в виде синергетического управления. Суть этого способа управления известна и описана в работе [10]. Технологии и оборудование фирмы «КЕМРПИ» постоянно развиваются и совершенствуются.

Фирма «CLOSS» (Германия) предложила процесс сварки, получивший название «холодная сварка» Благодаря новой форме импульсов сварочного тока достигается снижение термической нагрузки на основной материал (уменьшение внесения энергии) и одновременно повышается мощность плавления сварочной проволоки и, следовательно, скорость сварки.

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

Формы кривых сварочного тока и напряжения при полуавтоматической сварке методом STT представлены на рис. 2.1. Рассмотренный процесс реализован в сварочном источнике INVERTEC STT2. Новый режим сварки – «импульс в импульсе» (Pulse-in-Pulse) – улучшает очистку при полуавтоматической сварке алюминия и формирует сварной шов такого же внешнего вида, как при сварке вольфрамовым электродом.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан способ дуговой сварки с импульсной подачей, реализация которого практически гарантирует управление переносом с фазой короткого замыкания, при котором снижается уровень потерь электродного металла и затраты электроэнергии с получением швов, имеющих хорошую форму и товарный вид [11]. На рис. 2.2 представлены валики наплавленного металла из сплавов алюминия, полученные обычным механизированным процессом и процессом с импульсной подачей электродной проволоки. Очевидны отсутствие

подрезов, регулярное формирование валиков при визуальном отсутствии включений при использовании процесса с импульсной подачей.

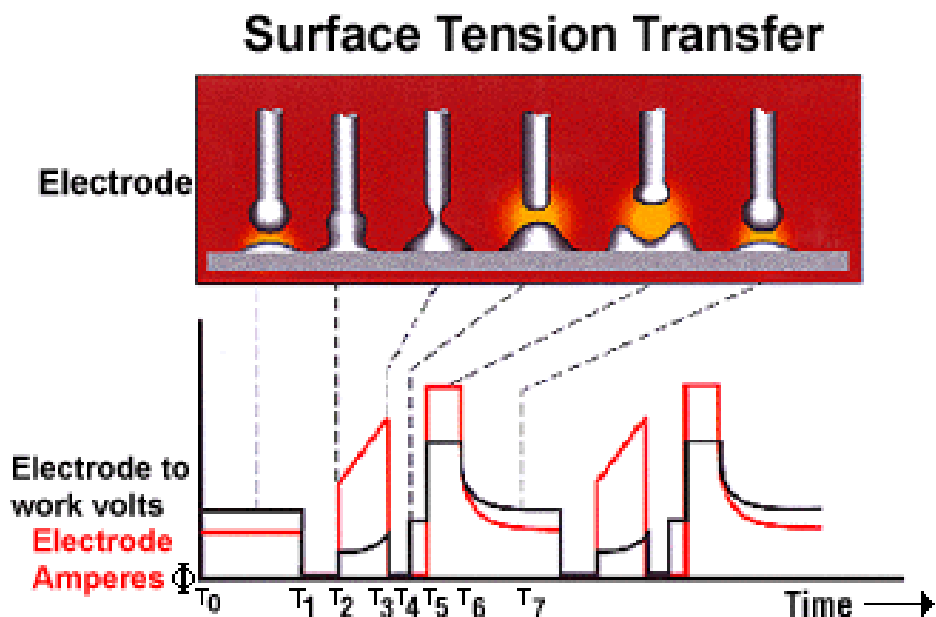


Рисунок 2.1 – Диаграммы переноса капли электродного металла при SST управлении

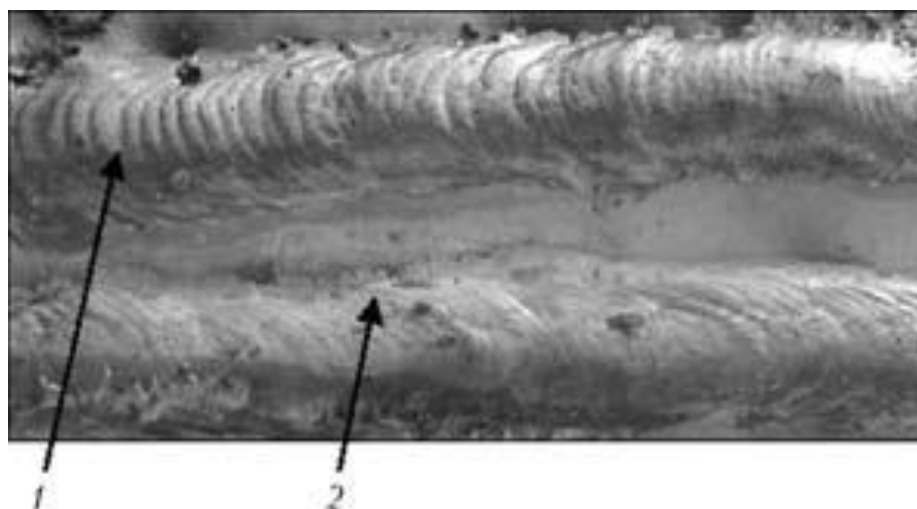


Рисунок 2.2 – Наплавка на пластины из сплавов алюминия: с импульсной подачей электродной проволоки (1) и обычной (2)

Сварка осуществляется аппаратом Invertec STT-II (рис. 2.3), представляющим собой сварочный источник, позволяющий реализовать процесс STT – перенос расплавленного электродного металла в сварочную за счёт сил поверхностного натяжения. Аббревиатура STT расшифровывается как - Surface Tension Transfer («перенос силами поверхностного натяжения»).

Этот процесс был специально разработан для проведения сварки тонколистовых конструкций и высококачественной сварки взамен аргонно-дуговой сварки.

Применение микропроцессорного управления позволило уменьшить задержки в регулировании сварочного тока до значений в несколько миллисекунд. При этом точность контроля и поддержания сварочного тока на протяжении всей сварки позволяет сгладить недостатки, присущие сварке с использованием коротких замыканий проволоки.

При сварке с использованием технологии STT существенно снижается уровень разбрызгивания расплавленного металла по сравнению с традиционными аппаратами сварки проволокой в аргоне.



Рисунок 2.3 – Источник питания Invertec STT-II

Сварка по STT технологии (с переносом металла за счёт сил поверхностного натяжения) предусматривает на циклограммах тока и напряжения (рис. 2.5) следующие этапы:

- этап одготовки капли (T0-T1);
- период короткого замыкания (T1-T2);
- период протекания пинч-эффекта (T2-T3);
- время отделения капли (момент T4);
- этап рост капли (T5-T6);
- этап перехода на базовый ток (T6-T7).

Перенос капли
электродного
металла

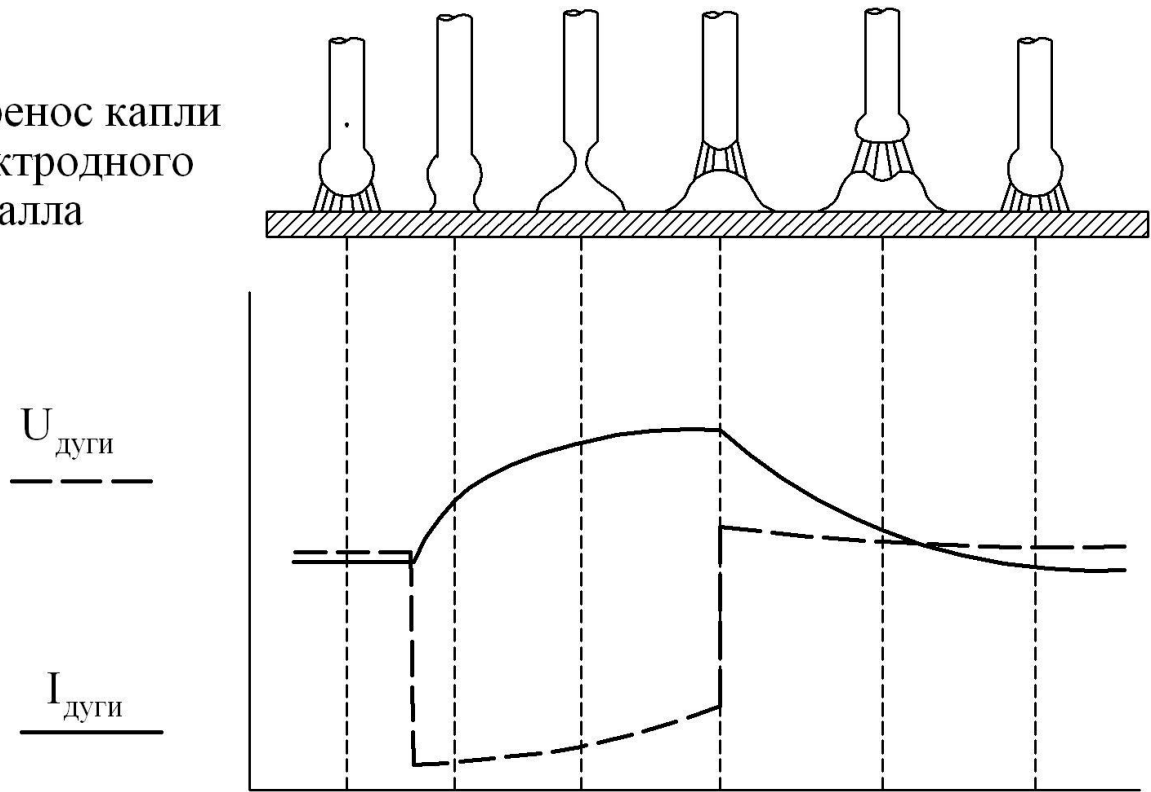


Рисунок 2.4 – Осциллограммы сварочного тока и напряжения при традиционной механизированной сварке в защитных газах

Перенос капли
электродного
металла

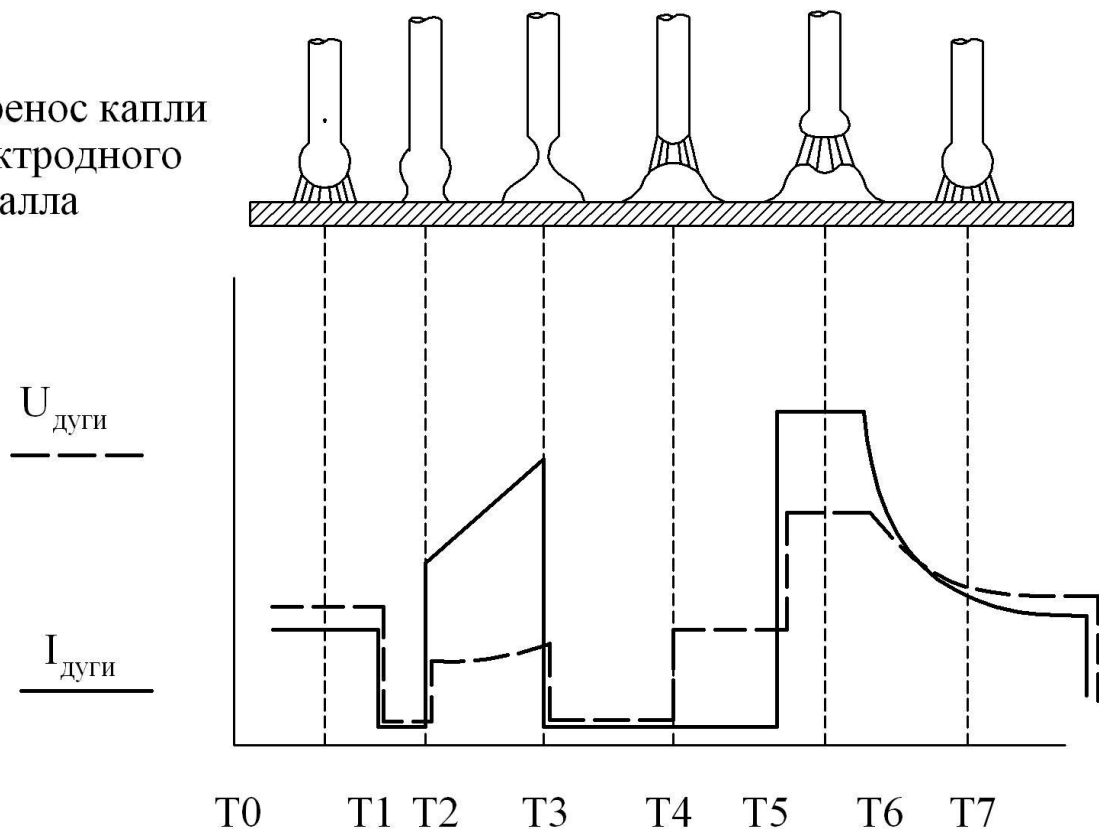


Рисунок 2.5 – Осциллограммы сварочного тока и напряжения при полуавтоматической сварке методом STT

2.2 Описание операций технологического процесса

Выбор сварочных материалов

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

Определение перечня марок сварочных материалов проводим по нормативным документам для указанного материала и условий его эксплуатации: возможно применение проволоки Св-А5 (по ГОСТ 7871). В качестве защитного газа могут использоваться чистый аргон (ГОСТ 10157) или смесь аргона и гелия, содержащая 35...40 % аргона (ГОСТ 10157) и 60...65 % гелия (ТУ 51-940). Применим чистый аргон, который обеспечивает стабильность горения дуги.

Подготовка деталей

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

Потом поверхность очищают химическим способом, предусматривающим выполнение следующих операций:

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

Сварка

Поскольку в проектной технологии применяем импульсное управление сварочной дугой при помощи предложенного оборудования, то в качестве сварочного оборудования применим выпрямитель ВД-306 (рис. 2.6). Для подачи проволоки используем механизм подачи ПДГ 312-5 (рис. 2.7).

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



Рисунок 2.6 – Выпрямитель ВД-306

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

Таблица 2.1 – Параметры режима импульсно-дуговой сварки по проектной технологии (постоянный ток обратной полярности)

Толщина деталей	Диаметр проволоки	Сила тока	Напряжение	Вылет проволоки	Скорость сварки	Расход аргона
5 мм	1,6 мм	120...	20...	10...	25...	8...
		160 А	22 В	15 мм	30 м/ч	9 л/мин

Таблица 2.2 – Параметры импульсного питания сварочной дуги

Параметр	Значение	
Ток импульса $I_{и}$	300...315 А	
Ток нормально горячей дуги $I_{г}$	Толщина 2 мм	120...160 А
Ток паузы $I_{п}$	20...30 А	
Время импульса $t_{и}$	2 мс	
Время горения нормально горячей дуги $t_{г}$	14...17 мс	
Время паузы $t_{п}$	2 мс	



Рисунок 2.7 - Механизм подачи ПДГ 312-5

Таблица 2.3 – Техническая характеристика выпрямителя ВД-306

Параметр	Значение
Напряжение сети	380 В
Потребляемая мощность	24 кВт
Минимальный сварочный ток	30 А
Максимальный сварочный ток	315 А
Габаритные размеры	560x400x600 мм
Масса	90 кг

Таблица 2.4 – Техническая характеристика полуавтомата ПДГ 312-5

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

Контроль качества

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

Внешним осмотром могут быть обнаружены видимые дефекты — прожоги, непровары, подрезы, трещины, поверхностные поры, вольфрамовые включения, кратеры, цвета побежалости, усиление швов и тому подобные дефекты [4].

На готовых изделиях следует подвергать осмотру сварной шов и зону прилегающего металла на расстоянии до 20 мм от шва. Осмотр производят после очистки от шлака, брызг и загрязнений. О качестве шва может свидетельствовать его постоянные геометрические размеры и внешний вид, равномерная чешуйчатость шва, а также цвет поверхности изделия [4]. Недопустимо уменьшение фактического размера шва от заданных (номинальных) размеров [12, 5].

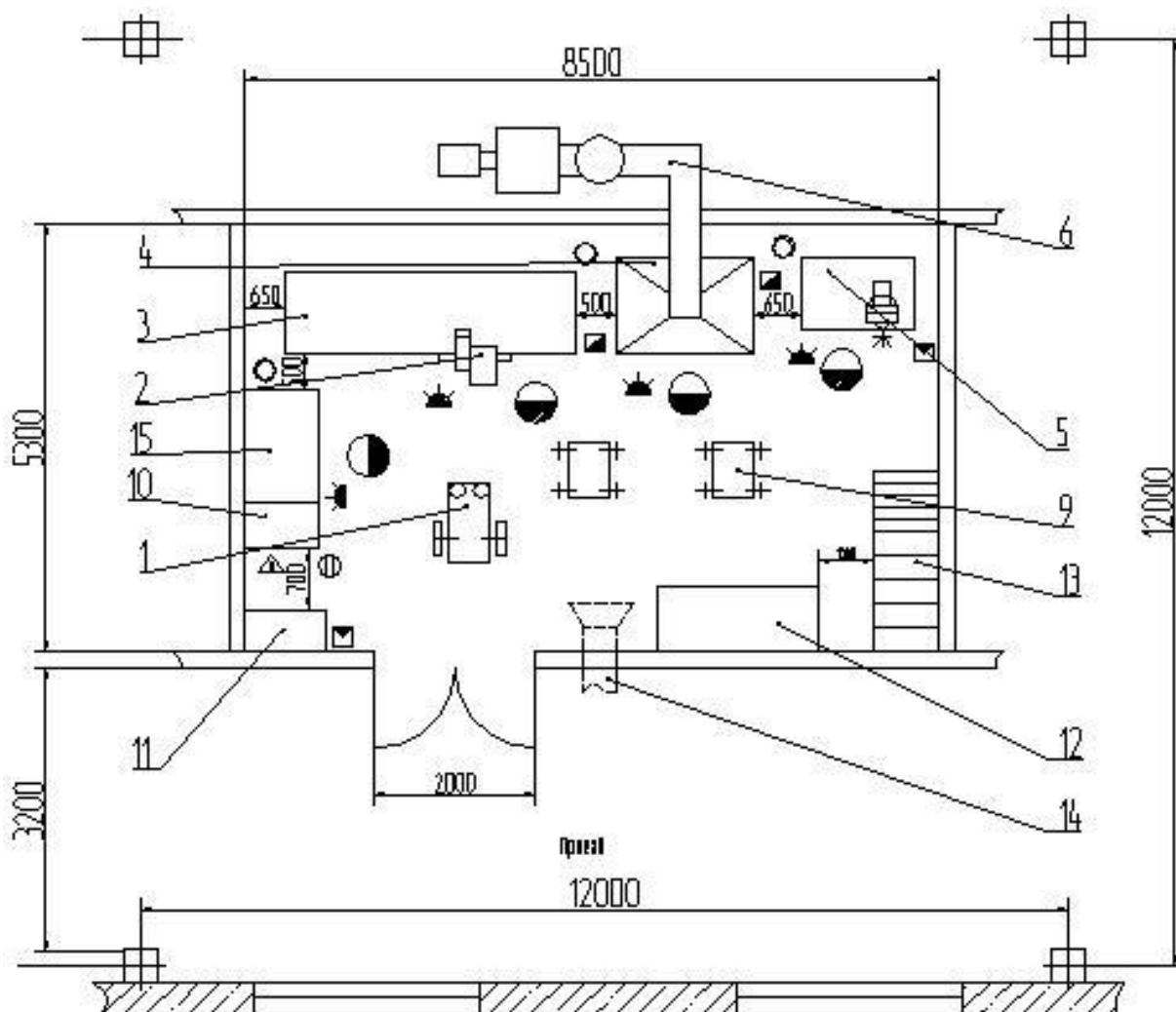
Подготовленные сварные соединения осматривают невооруженным глазом или с использованием лупы 4...10-кратного увеличения. Размеры сварных швов контролируют измерительным инструментом или специальными шаблонами [4]. Помимо универсального мерительного инструмента контроль размеров шва может быть произведён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

Возможность выявления дефектов может зависеть о освещенности, индивидуальных свойств зрения, яркости, цвета, угловых размеров и резкости контура дефекта, а также контраста между дефектом и поверхностью изделия [4].

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

2.3 Планировка участка

Технологический процесс изготовления конуса планируется внедрить на производственном участке, схема которого с установленным на нем технологическим оборудованием показана на рис. 2.8.



- 1 – Источник питания дуги; 2 – Ящик для инструмента сварщика;
3 – Сборочное приспособление; 4 – Вытяжной зонт; 5 – Слесарный верстак;
6 – Вентиляционные каналы; 7 – Стол; 8 – Пылеудаляющий вентилятор;
9 – Тележка для перевозки и хранения деталей; 10 – Стеллаж для прочих материалов; 11 – Стеллаж для ремонтного фонда и прочих инструментов;
12 – Стол для выходного контроля; 13 – Стеллаж для хранения готовых к сборке деталей; 14 – Приточная вентиляция; 15 – Верстак

Рисунок 2.8 – Схема участка сварки

Обозначенное на схеме цеха технологическое оборудование предназначено для выполнения следующих операций, таблица 2.5.

Таблица 2.5 – Размещение технологического оборудования на участке

№ позиции на эскизе участка	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	2	3
1	Источник питания дуги	Сварка
2	Ящик для инструмента сварщика	Хранение инструмента, задействованного в операции сварки
3	Сборочное приспособление	Сборка под сварку.
4	Вытяжной зонг	Удаление аэрозолей и пыли, образующихся при сварке
5	Слесарный верстак	Наладка, настройка и ремонт оборудования
6	Вентиляционные каналы	Удаление аэрозолей и пыли, образующихся при сварке
7	Стол	Входной контроль деталей приходящих с операции гибки
8	Пылеудаляющий вентилятор	Удаление аэрозолей и пыли, образующихся при сварке
9	Тележка для перевозки и хранения деталей	Перемещение деталей по территории участка сварки и вне его территории
10	Стеллаж для прочих материалов	Хранение вспомогательных материалов, средств защиты
11	Стеллаж для ремонтного фонда и прочих инструментов	Хранение запасных частей и инструмента
12	Стол для выходного контроля	Контроль сваренной детали
13	Стеллаж для хранения готовых к сборке деталей	Хранение деталей после операции входного контроля
14	Приточная вентиляция	Обеспечение доступа атмосферного воздуха в помещение
15	Верстак	Проведение ремонтных работ оборудования

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Оборудование на участке сварки размещено в соответствии с требованиями по обеспечению безопасности работ. Полезная площадь сварочной участка сварки составляет 140 м², высота стен принимается не менее 2 м, зазор между стенками и полом принимают 5 см. Сварочный пост оснащают вентиляционной установкой, осуществляющий отсос сварочных газов, аэрозолей и пр. Также сварочный пост ограждают металлическими щитами. В состав поста для сварки входят: источник питания, механизм подачи проволоки, механизм подачи защитного газа, сварочный кондуктор, вентиляция, диэлектрический коврик, горелка, газовый рукав, стул, заземление, ящик для отходов.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

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

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

3.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

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

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

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

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

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

3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

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

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

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

3.6 Заключение по разделу

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

технологический регламент и производственную санитарию.

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В экономическом разделе рассчитаем затраты на промышленное внедрение результатов проекта (материалы, электроэнергия, фонд заработной платы), составим калькуляцию себестоимости единицы изделия (по базовому варианту и проектному варианту), рассчитаем годовой экономический эффект. За базовый вариант примем ручную дуговую сварку покрытыми электродами. В проектной технологии предложили эффективный способ механизированной сварки плавящимся электродом с использованием импульсного управления.

Таблица 4.1 – Исходные данные, необходимые для вычисления экономической эффективности

№ п/п	Показатель	Усл. обозн.	Ед. измер.	Варианты	
				базовый	проектный
	1	2	3	4	5
1.	Цена материала: - аргон - присадочная проволока - электроды ОЗАНА-1	Ц _м	руб./м ³ руб/кг руб/кг	- - 910	120 300 -
2.	Норма расхода: - аргон - присадочная проволока - электрод ОЗАНА-1	Н _р	м ³ /ч кг/изделие кг/изделие	- - 0.70	0.90 0.54 -
3.	Коэффициент транспортно-заготовительных затрат	К _{т-з}	—	1.05	1.05
4.	Коэффициент доплат к основной заработной плате	К _д	—	1.88	1.88
5.	Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	К _{доп}	%	12	12
6.	Коэффициент отчислений на социальные нужды	К _{сс}	%	34	34

	1	2	3	4	5
7.	Норма амортизационных отчислений на оборудование	N_A	%	18	18
8.	Балансовая стоимость оборудования	$C_{ОБ}$	руб	150000	100000
9.	Мощность установки	M_y	кВт	30	24
10.	Коэффициент полезного действия	КПД	—	0.9	0.9
11.	Стоимость электроэнергии	$C_{ЭЭ}$	руб/кВт	3.75	3.75
12.	Цена площади	$C_{Пл}$	руб/м ²	3000	3000
13.	Площадь, занимаемая оборудованием	S	м ²	140	140
14.	Коэф-т затрат на монтаж (демонтаж) оборудования	$K_{МОИТ}$	—	1.03	1.03
15.	Нормативный коэф-т эффективности доп. кап. вложений	E_H	—	0.33	0.33
16.	Коэф-т цеховых затрат	$K_{ЦЕХ}$	—	2.50	2.50
17.	Коэф-т заводских затрат	$K_{ЗАВ}$	—	1.50	1.50
18.	Коэф-т непроизводственных затрат	$K_{ВН}$	—	0.05	0.05
19.	Коэффициент прибыли предприятия	$K_{ПР}$	—	0.3	0.3
20.	Часовая тарифная ставка	$C_{ч}$	руб/час	200	200
21.	Норма машинного времени	$t_{МАШ}$	час	4.2	1.4

4.1 Вычисление нормы времени на сварку

Вычисление норм времени ведётся по формуле:

$$T_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{П-З}, \quad (4.1)$$

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

$t_{ВСП}$ – вспомогательное время, $t_{ВСП} = 15\%$ от $t_{МАШ}$;

$t_{\text{БСЛ}}$ – время на обслуживание оборудования и рабочего места,
 $t_{\text{ОБСЛ}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{\text{ВСП}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное, $t_{\text{П-З}} = 2\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

$$T_{\text{ШТ.Баз}} = 4.2(1.0+0.15+0.10+0.05+0.02) = 5.544 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{ШТ.ПР}} = 1.4(1.0+0.15+0.10+0.05+0.02) = 1.848 \text{ ч.}$$

4.2. Вычисление фонда времени работы оборудования

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_{\text{Н}} = (D_{\text{Р}} \cdot T_{\text{СМ}} - D_{\text{П}} \cdot T_{\text{П}}) \cdot C \quad (4.2)$$

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

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

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

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

C - количество смен

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

Эффективный фонд времени работы оборудования:

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

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

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

Определение годовой программы выпуска:

$$П_{\text{Г}} = F_{\text{Э}} / t_{\text{ШТ}}, \quad (4.4)$$

$$П_{\text{Г.Баз}} = 1890 / 5.544 = 340 \text{ шт.}$$

$$П_{\text{Г.ПР}} = 1890 / 1.848 = 1022 \text{ шт.}$$

Принимаем для вычислений $П_{\text{Г}} = 200$ шт в год.

Определение количества оборудования

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{ШТ}} \cdot П_{\text{Г}}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

где $n_{\text{РАСЧ}}$ – расчетное количество мест (шт.);
 $F_{\text{Э}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);
 $t_{\text{ШТ}}$ – штучное время обработки детали (час.);
 $\Pi_{\text{Г}}$ – производственная программа сварки деталей (шт./год);
 $K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения нормы.

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{5,544 \cdot 200}{1890 \cdot 1,1} = 0,53 \text{ ед}$$

$$n_{\text{РАСЧ.ПР.}} = \frac{1,848 \cdot 200}{1890 \cdot 1,1} = 0,18 \text{ ед}$$

Принимаем по 1 единице оборудования по базовому и проектному вариантам

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) на каждой операции:

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

$$K_{\text{З.Б}} = \frac{0,53}{1} = 0,53$$

$$K_{\text{З.ПР.}} = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

4.3 Вычисление технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Затраты на основные и вспомогательные материалы и полуфабрикаты:

$$M = \Sigma (\text{Ц}_{\text{М}} \cdot \text{Н}_{\text{Р}} \cdot \text{К}_{\text{Т-З}}), \quad (4.7)$$

где $\text{Ц}_{\text{М}}$ – стоимость материала;

$\text{Н}_{\text{Р}}$ – норма расхода;

$\text{К}_{\text{Т-З}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных затрат.

$$M_{\text{Б}} = 910 \cdot 0.700 \cdot 1.050 = 668.850 \text{ руб}$$

$$M_{\text{ПР}} = (120 \cdot 0.900 \cdot 1.40 + 300 \cdot 0.540) \cdot 1.050 = 313.200 \text{ руб}$$

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

Вычисление затрат на основную заработную плату:

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

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

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

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат к основной заработной плате.

$$Z_{\text{осн. баз}} = 200 \cdot 5.5440 \cdot 1.880 = 2084.540 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{осн. пр.}} = 200 \cdot 1.8480 \cdot 1.880 = 694.850 \text{ руб}$$

Вычисление затрат на дополнительную заработную плату:

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

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

$$Z_{\text{доп.б.}} = 2084,54 \cdot \frac{12}{100} = 250,14 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{доп. пр.}} = 694,85 \cdot \frac{12}{100} = 83,38 \text{ руб}$$

$$\text{ФЗП б} = 2084.540 + 250.140 = 2334.680 \text{ руб}$$

$$\text{ФЗП пр} = 694.850 + 83.380 = 778.230 \text{ руб}$$

Вычисление отчислений на социальные нужды:

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

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

$$O_{\text{сс.б.}} = \frac{2334,68 \cdot 34}{100} = 793,79 \text{ руб}$$

$$O_{\text{сс. пр.}} = \frac{778,23 \cdot 34}{100} = 264,60 \text{ руб}$$

Вычисление затрат на содержание и эксплуатацию оборудования:

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

где $A_{\text{об}}$ - амортизация оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ - затрат на электроэнергию.

Вычисление затрат на амортизацию оборудования:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.12)$$

где $t_{\text{маш}}$ – машинное время, час;

$N_{\text{а}}$ – норма амортизации оборудования, %;

$C_{\text{об}}$ – балансовая стоимость оборудования, руб;

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

$$A_{\text{об.б.}} = \frac{150000 \cdot 18 \cdot 4,2}{1890 \cdot 100} = 60,00 \text{ руб}$$

$$A_{\text{об.пр.}} = \frac{100000 \cdot 18 \cdot 1,4}{1890 \cdot 100} = 13,33 \text{ руб}$$

Вычисление расхода на электроэнергию:

$$P_{\text{ээ}} = \frac{M_{\text{у}} \cdot T_{\text{маш}} \cdot C_{\text{ээ}}}{\text{КПД}}, \quad (4.13)$$

где $M_{\text{у}}$ – потребляемая мощность установки, кВт;

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

КПД – коэффициент полезного действия установки;

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

$$P_{\text{ээ.б.}} = \frac{30 \cdot 4,2 \cdot 3,75}{0,9} = 525 \text{ руб}$$

$$P_{\text{ээ.пр.}} = \frac{24 \cdot 1,4 \cdot 3,75}{0,9} = 140 \text{ руб}$$

Итого затраты на оборудование

$$Z_{\text{об.баз}} = 60.000 + 525.000 = 585.000 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{об.пр.}} = 13.330 + 140.000 = 153.330 \text{ руб}$$

Вычисление Аамортизационных отчислений на производственную площадь:

$$A_{\text{пл}} = \frac{Ц_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_3}, \quad (4.14)$$

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

S – используемая площадь, м²;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час.

$$A_{\text{пл. б.}} = \frac{3000 \cdot 140 \cdot 5,544}{1890} = 1232,00 \text{ руб}$$

$$A_{\text{пл. пр.}} = \frac{3000 \cdot 140 \cdot 1,848}{1890} = 410,66 \text{ руб}$$

Вычисление расходов на содержание и эксплуатацию площадей:

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

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

$$P_{\text{пл. б.}} = \frac{300 \cdot 140 \cdot 5,544}{1890} = 123,20 \text{ руб}$$

$$P_{\text{пл. пр.}} = \frac{300 \cdot 140 \cdot 1,848}{1890} = 41,07 \text{ руб}$$

Итого затраты на производственные площади:

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

$$З_{\text{пл б}} = 1232.000 + 123.200 = 1355.200 \text{ руб}$$

$$З_{\text{пл пр}} = 410.660 + 41.070 = 451.730 \text{ руб}$$

Таблица 4.2 – Калькуляция полной себестоимости сварки по вариантам

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
			базовый	проектный
1	Материалы	М	668.850	313.200
2	Фонд заработной платы	ФЗП	2334.680	778.230
3	Отчисления на соц. нужды	Осс	793.790	264.600
4	Расходы на оборудование	Зоб	585.000	153.330
5	Расходы на площади	Зпл	1232.000	410.660
6	Себестоимость технологическая	С _{ТЕХ}	5614.320	1920.020
7	Расходы цеховые	Р _{ЦЕХ}	5211.350	1737.170
8	Себестоимость цеховая	С _{ЦЕХ}	10825.670	3657.190
9	Расходы заводские	Р _{ЗАВ}	3126.810	1042.280
10	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	13952.480	4699.470
11	Внепроизводственные расходы	Р _{ВН}	697.620	234.970
12	Себестоимость полная	С _{ПОЛН}	14650.100	4934.440

Вычисление технологической себестоимости сварки по вариантам:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + O_{\text{СС}} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

$$C_{\text{ТЕХ. Баз}} = 668.850 + 2334.680 + 793.790 + 585.000 + 1232.000 = 5614.320 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ТЕХ. ПР.}} = 313.200 + 778.230 + 264.600 + 153.330 + 410.660 = 1920.020 \text{ руб}$$

4.4 Вычисление цеховой себестоимости

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

где $R_{\text{ЦЕХ}} = K_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}}$ — цеховые затраты,

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

$$C_{\text{ЦЕХ. Баз}} = 5614.320 + 2.50 \cdot 2084.540 = 10825.670 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ЦЕХ. ПР.}} = 1920.020 + 2.50 \cdot 694.850 = 3657.190 \text{ руб}$$

4.5 Вычисление заводской себестоимости

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

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

$K_{ЗАВ}$ — коэффициент заводских затрат.

$$C_{ЗАВ. Баз} = 10825.670 + 1.50 \cdot 2084.540 = 13952.480 \text{ руб}$$

$$C_{ЗАВ. ПР.} = 3657.190 + 1.50 \cdot 694.850 = 4699.470 \text{ руб}$$

4.6 Вычисление полной себестоимости

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

где $P_{ВН}$ — коэффициент внепроизводственных затрат (%):

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

где $K_{ВН}$ — коэффициент внепроизводственных затрат (%).

$$P_{ВН б} = 13952.480 \cdot 0.050 = 697.620 \text{ руб}$$

$$P_{ВН пр} = 4699.470 \cdot 0.050 = 234.970 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛН.Б} = 13952.480 + 697.620 = 14650.100 \text{ руб}$$

$$C_{ПОЛН.ПР} = 4699.470 + 234.970 = 4934.440 \text{ руб}$$

4.7 Вычисление капитальных затрат для осуществления технологического процесса

Вычисление затрат на оборудование:

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

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

$$K_{ОБ. Баз} = 150000 \cdot 1.050 \cdot 1.030 = 162225.000 \text{ руб}$$

$$K_{ОБ. ПР.} = 100000 \cdot 1.050 \cdot 1.030 = 108150.000 \text{ руб}$$

Вычисление затрат на площадь, необходимую для осуществления технологического процесса:

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

$$K_{ПЛ. Баз} = 140 \cdot 3000 = 420000 \text{ руб}$$

$$K_{ПЛ. ПР.} = 140 \cdot 3000 = 420000 \text{ руб}$$

Вычисление общих капиталовложений:

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

$$K_{\text{ОБЩ. Баз}} = 162225 + 420000 = 582225.000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ОБЩ. ПР.}} = 108150 + 420000 = 528150.000 \text{ руб}$$

Вычисление удельных капиталовложений:

$$\hat{E}_{\text{ОА}} = \frac{\hat{E}_{\text{А}} \dot{A} \dot{U}}{\ddot{I}_{\text{А}}}, \quad (4.25)$$

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

$$K_{\text{уд. Б.}} = \frac{582225}{200} = 2911,13 \text{ руб}$$

$$K_{\text{уд. ПР.}} = \frac{528150}{200} = 2640,75 \text{ руб}$$

Вычисление дополнительных капиталовложений:

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

$$\Delta K = 582225 - 528150 = 54075 \text{ руб}$$

4.8 Вычисление экономической эффективности

Вычисление показателя снижения трудоемкости:

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{5,544 - 1,848}{5,544} \cdot 100\% = 67\%.$$

Вычисление показателя снижения себестоимости:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХ.Б.}} - C_{\text{ТЕХ.ПР.}}}{C_{\text{ТЕХ.Б.}}} \cdot 100\%, \quad (4.28)$$

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{5614,32 - 1920,02}{5614,32} \cdot 100\% = 66\%.$$

Вычисление условно-годовой экономии:

$$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ПОЛН. Баз}} - C_{\text{ПОЛН. ПР.}}) \cdot \Pi_{\text{Г}} \quad (4.29)$$

$$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (14650.100 - 4934.440) \cdot 200 = 1943132 \text{ руб}$$

Вычисление годового экономического эффекта в сфере производства:

$$\Delta_{\Gamma} = [(C_{\text{полн. баз}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд. баз}}) - (C_{\text{полн. пр.}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд. пр.}})] \cdot P_{\Gamma}. \quad (4.30)$$

$$\Delta_{\Gamma} = [(14650.100 + 0.330 \cdot 2911.130) - (4934.440 + 0.330 \cdot 2640.750)] \cdot 200 = 1860977 \text{ руб}$$

Вычисление срока окупаемости дополнительных капитальных вложений:

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{54075}{1943132} = 0,28 \text{ года.}$$

4.9 Вывод по экономическому разделу

За счёт снижения трудоёмкости на 67 % при внедрении проектной технологии себестоимость сварки снижается на 66 %. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 1.86 млн. рублей. Следовательно, разработанная технология экономически эффективна и может быть применена в производство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена цель - повышение производительности и качества сварки алюминиевого воздуховода.

При анализе возможных способов сварки изделия были рассмотрены ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах, сварка неплавящимся электродом в защитных газах, плазменная сварка. Принято решение в проектной технологии использовать механизированную сварку плавящимся электродом в защитных газах.

Повышение эффективности механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах произведено путём применения импульсного управления сварочной дугой, что позволило устранить разбрызгивание, повысить производительность и качество сварки.

С применением предлагаемого способа сварки была составлена проектная технология сварки изделия.

Рассмотрены опасные и вредные факторы, сопровождающие внедрение проектной технологии и предусмотрены меры защиты от них.

Экономическая эффективность внедрения в производство предлагаемых решений доказана, годовой экономический эффект составит порядка 1.86 млн. рублей.

На основании вышеизложенного цель выпускной квалификационной работы может считаться достигнутой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.
2. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1978. – 462 с.
3. Смирнов, И. В. Сварка специальных сталей и сплавов / И. В. Смирнов. – СПб: Лань, 2012. – 272 с.
4. Гуревич, С. М. Справочник по сварке цветных металлов / С. М. Гуревич. – Киев : Изд-во «Наукова думка», 1981. – 608с.
5. Рабкин, Д. М. Сварка алюминия и его сплавов / Д. М. Рабкин, В. Г. Игнатъев, И. В. Довбищенко. – Киев: Изд-во "Наукова думка", 1983. – 80 с.
6. Никифоров. Г. Д. Металлургия сварки плавлением алюминиевых сплавов / Г. Д. Никифоров. – М.: Машиностроение, 1972. – 260 с.
7. Крампит, А. Г. Современные способы импульсно-дуговой MIG/MAG сварки / А. Г. Крампит, Е. А. Зернин, М. А. Крампит // Технологии и материалы. – 2015. – № 1. – С. 4–10.
8. Лебедев, В. А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки / В. А. Лебедев // Сварочное производство. – 2007. – № 11. – С. 26–30.
9. Лебедев, В. А. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла / В. А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С. 45–53.
10. Воропай, Н. М. Особенности импульсно-дуговой сварки с синергетическим управлением параметрами режимов / Н. М. Воропай,

В. М. Илюшенко, Ю. Н. Ланкин // Автоматическая сварка. – 1999. – № 6. – С. 26–32.

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

12. Николаев, Г. А. Сварка в машиностроении. // Справочник, том 2. М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.

13. Князьков, А. Ф. Активное управление плавлением и переносом электродного металла / А. Ф. Князьков, С. А. Князьков // Сварка и диагностика. – 2011. – № 4. – С. 27–32.

14. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2012. – 208 с.

15. Захаров, М. Н. Прочностная надежность оборудования: учебное пособие / М. Н. Захаров. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 123 с.

16. Фетисов, Г. П. Материаловедение и технология металлов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин, В. С. Гаврилюк [и др.]. – М.: Изд-во «Высшая школа», 2001. – 639 с.

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

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

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

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

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

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

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

24. Гитлевич, А.Д. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах / А.Д. Гитлевич, Л.А. Животинский, Д.Ф. Жмакин. – М. : Государственное научно – техническое издательство машиностроительной литературы, 1962.

25. Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: учебное пособие для студентов вызов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / К.А. Грачева. – М. : Машиностроение, 1984. – 386 с.