

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра металлургии, сварочного производства и методики профессионального
обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой МСП
_____ Б.Н. Гузанов
«____»_____2017 г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ СВАРКИ ЗАПОРНОГО УСТРОЙСТВА КЛАПАННОГО УЗЛА**

Пояснительная записка к дипломному проекту
направления 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профиля Машиностроение и материалобработка
специализации Технологии и технологический менеджмент
в сварочном производстве

Идентификационный код ВКР: 558

Разработал
студент группы ЗСМ-403С

И.Р. Осипович

Руководитель
старший преподаватель

Е.В. Радченко

Екатеринбург 2017

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 102 листа машинописного текста, 25 рисунков, 16 таблиц, 22 использованных источников литературы, графическую часть на 8 листах формата А1.

Ключевые слова: КЛАПАННЫЙ УЗЕЛ, АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА, ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА, СТАЛЬ 36НХТЮ, СПЛАВ ХН67ВМТЮ, МЕТОДИКА, ПЛАН УРОКА, СВАРЩИК НА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ СВАРОЧНЫХ УСТАНОВКАХ.

В дипломном проекте разработана технология сборки и сварки клапанного узла. Скомпонованы установки для автоматической аргонодуговой и электронно-лучевой сварки, подобрано сварочное оборудование.

В методической части разработаны учебный план, тематический план и план-конспект урока теоретического обучения.

В экономической части дипломного проекта представлен экономический расчет изготовления мембранного узла клапана.

Рассмотрены вопросы безопасности труда и экологичности проекта.

					ДП 44.03.04.558 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Осипович И.Р.			РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ ЗАПОРНОГО УСТРОЙСТВА КЛАПАННОГО УЗЛА	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Радченко Е.В.					2	101
Н.контр.		Плаксина Л.Т.				ФГАОУ ВО РГППУ Каф. МСП гр. ЗСМ-403С		
Утв.		Гузанов Б.Н.						

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Технологический раздел	8
1.1 Состояние вопроса	8
1.1.1 Характеристика изделия	8
1.1.2 Характеристика материалов изделия	9
1.1.3 Основные способы сварки аустенитных сталей	15
1.1.4 Выбор способа сварки.	23
1.1.5 Выводы и постановка задач	23
1.2 Разработка технологии изготовления запорного узла	24
1.2.1 Сущность электронно-лучевой сварки	24
1.2.2 Сущность сварки неплавящимся электродом в среде аргона импульсной дугой	28
1.2.3 Технология изготовления мембранного узла	32
1.2.4 Контроль качества	36
1.3 Выбор оборудования и разработка приспособлений для изготовления запорного узла трубопроводного клапана	39
1.3.1 Установка электронно-лучевой сварки ОЗЛЭВ 80-1	39
1.3.2. Установка аргонодуговой сварки кольцевых швов	45
2. Методический раздел	59
2.1 Задачи методической части дипломного проекта	59
2.2 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	62
2.3 Разработка плана конспекта урока	63
3 Экономический раздел	70
3.1 Исходные данные	70
3.2 Расчет экономического эффекта	71
4 Безопасность жизнедеятельности и экологичность проекта	81
4.1 Технологические сведения	81
4.2. Условия труда. Вредные и опасные факторы	81
4.3. Обеспечение безопасности труда	83

4.3.1 Вентиляция и микроклимат	83
4.3.2 Производственное освещение	84
4.3.3 Расчёт искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока	84
4.3.4 Мероприятия по снижению шума	86
4.3.5 Мероприятия по снижению вибрации	86
4.3.6 Электромагнитные излучения	87
4.3.7 Защита от механического травмирования	87
4.3.8 Электробезопасность	88
4.3.9 Пожарная безопасность	89
4.3.10 Чрезвычайные обстоятельства	90
4.4 Экологичность проекта	92
4.4.1 Результаты применения предложенной технологии сварки с точки зрения экологичности проекта	93
Заключение	97
Список использованных источников	98
Приложение А - Лист задания на дипломное проектирование	102
Приложение Б - Спецификации	103

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время, в связи с развитием отечественной авиационной и космической техники, встает вопрос о повышенных требованиях к конструкциям.

Наиболее важными требованиями, предъявляемыми к конструкциям современных летательных аппаратов, можно назвать: минимальную массу, максимальную жесткость и прочность узлов, максимальный ресурс работы конструкций в условиях эксплуатации, высокую надежность. В значительной мере перечисленные требования к конструкции обеспечиваются выбором материала и совершенством технологии изготовления.

Двигатель является одной из важнейших частей летательных аппаратов и включает в себя множество систем и узлов, работающих под динамическими нагрузками при высоких температурах, поэтому главным требованием к материалам двигателей реактивных двигателей самолетов и космических аппаратов является высокая жаропрочность и жаростойкость.

Целью данного дипломного проекта является разработка технологии и оборудования, сборки и сварки мембранного узла, который входит в состав клапана топливной системы реактивного двигателя ракетносителя. Назначение изделия - отсечение ракетного топлива, с целью исключения попадания горючего в камеры сгорания после остановки двигателя для облегчения чистки узлов при подготовке двигателя к следующему запуску, а также для снижения взрыво- и пожароопасности.

При изготовлении мембранного узла сварка занимает ведущее место в технологическом процессе. Повышение качества и производительности при изготовлении сварных конструкций можно достичь в результате роста уровня механизации и автоматизации сварочных работ. Для достижения этих целей при выполнении дипломного проекта в технологию производства изделия введены элементы механизации сборочно-сварочных операций. Для

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

этого было разработано вспомогательное оборудование, позволяющее механизировать самые трудоемкие и тяжелые сборочные операции, а также выбрано оборудование для электроннолучевой и аргодуговой сварки элементов мембранного узла.

Для проверки надежности изделия и качества сварки, исходя из требований, предъявляемых к узлу, были назначены испытания изделия и контроль качества сварных соединений.

В предлагаемом дипломном проекте рассмотрено применение автоматической аргодуговой и электронно-лучевой сварки для изготовления высоконагруженного мембранного узла. Применение разработанной технологии гарантирует высокое качество продукции и необходимую долговечность.

Объектом разработки в представленной работе является технология сборки и сварки мембранного узла клапана.

Предметом разработки является подборка оборудования и разработка технологического процесса.

Целью дипломного проекта является разработка оборудования и технологии для сварки мембранного узла клапана.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать возможные варианты сварки изделия;
- разработать технологию сварки;
- скомпоновать установки для сварки;
- разработать оснастку для сборки и термообработки;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки;
- рассмотреть вопросы безопасности и экологичности разработки.

Таким образом, в выпускной квалификационной работе в технологической части на основе анализа возможных способов сварки будет разработан вариант технологического процесса. В экономической части будет приведено технико-экономическое обоснование разработки. Методический раздел дипломного проекта будет посвящен проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию сварки, а в разделе охраны труда и экологичности будут предложены мероприятия по улучшению условий труда и охраны окружающей среды.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие *методы*:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;

- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

1 Технологический раздел

1.1 Состояние вопроса

1.1.1 Характеристика изделия

Узел мембранный является составной частью клапана, который устанавливается в магистраль подвода горючего к камерам сгорания реактивных двигателей и предназначен для закрытия этой магистрали с целью исключения попадания горючего в камеры после остановки двигателя.

Узел состоит из четырех составных частей (рисунок 1): опоры 1, затвора 2, кольца 4 и мембраны 3. Опора, затвор и кольцо изготавливаются из сплава на никелевой основе ХН67ВМТЮ, а мембрана из немагнитного коррозионно-стойкого сплава З6НХТЮ.

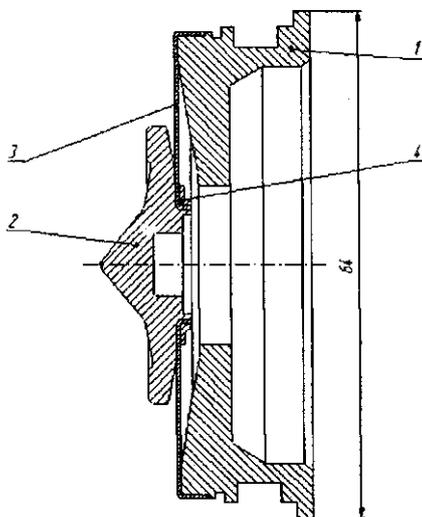


Рисунок 1 - Узел мембранный

В процессе запуска двигателя в магистрали до клапана создается давление пускового горючего, которое давит на затвор узла и он открывается, когда давление достигнет порядка 200 МПа и остается открытым во время работы двигателя. При остановке двигателя, давление в

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.558 ПЗ

Лист

8

магистрали падает и клапан предотвращает дальнейшее попадание горючего в камеры сгорания, что облегчает процесс чистки узлов при подготовке двигателя к следующему запуску, а также для снижения взрыво- и пожароопасности.

Исходя из того, что к изделию предъявляются очень высокие требования, то и требования к сварным соединениям также очень высоки. Главными требованиями к сварным швам являются их прочность и надежность. Изделие работает при переменных нагрузках, поэтому швы должны иметь большую устойчивость против образования усталостных трещин при повышенных температурах. При сварке изделия необходимо выбирать такие режимы, при которых сварное соединение будет равнопрочным основному металлу.

1.1.2 Характеристика материалов изделия

Технологические свойства материалов изделия

Химический состав материалов изделия представлен в таблице 1

Таблица 1 - Химический состав сплавов ХН67ВМТЮ и 36НХТЮ (%)

Сплав	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti.	Al	Fe	Другие элементы
ХН67ВМТЮ	<0,08	<0,6	<0,5	17 -20	Основа	2,2 - 2,8	1,0 1,5	<4	4 - 5 Mo 4 - 5 W <0,01 Ce <0,01 B
36НХТЮ	<0,05	0,3 - 0,8	0,8 - 1,2	11,5 - 13,0	35-37	2,7 - 3,2	0,9 - 1,2	Основа	<0,02 S <0,02 P

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.558 ПЗ

Лист

9

газовой среде, так и в водных растворах кислот, щелочей и в жидкометаллических средах.

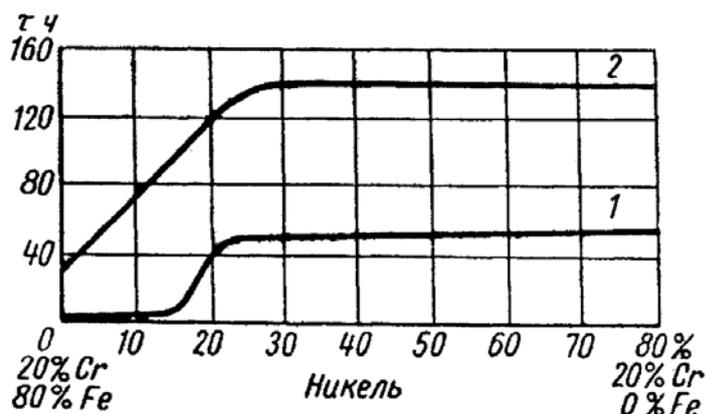


Рисунок 2 - Влияние содержания никеля на длительную прочность

К жаропрочным относятся, стали и сплавы, обладающие высокими механическими свойствами при повышенных температурах и способностью выдерживать нагрузки при нагреве в течение длительного времени. Для придания этих свойств, стали и сплавы легируют элементами - упрочнителями - молибденом и вольфрамом (до 7 % каждого). Важной легирующей присадкой, вводимой в некоторые стали и сплавы, является бор, способствующий измельчению зерна [5].

Сплавы на железоникелевой (при содержании никеля более 30%) и никелевой основах по структуре являются стабильно аустенитными и не имеют структурных превращений при охлаждении на воздухе.

Сплавы на никелевой основе обладают, в зависимости от состава, высокой окислительной стойкостью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью, большим электрическим сопротивлением и термоэлектродвижущей силой и т. д. Хром, а иногда кремний и алюминий, вводят в сплавы для улучшения их окислительной стойкости. Для повышения жаропрочности применяют легирующие присадки: титан, алюминий, бор, ниобий, кальций, молибден, вольфрам и др. Большинство этих элементов вводят в сплавы одновременно в

определенных сочетаниях, и чем выше должна быть жаропрочность, тем более сложен химический состав сплава [5].

Свариваемость жаропрочных материалов

Основные трудности сварки рассматриваемых сталей и сплавов обусловлены многокомпонентностью их легирования и разнообразием условий эксплуатации сварных конструкций. Главной и общей особенностью сварки является склонность к образованию в шве и околошовной зоне горячих трещин, имеющих межкристаллитный характер. Они могут наблюдаться как в виде мельчайших микронадрывов, так и видимых трещин. Горячие трещины могут возникнуть и при термической обработке или работе конструкции при повышенных температурах. Образование горячих трещин связано с формированием при сварке крупнозернистой макроструктуры, особенно выраженной в многослойных швах, когда кристаллы последующего слоя продолжают кристаллы предыдущего слоя, и наличием напряжений усадки [5].

Металлу сварных швов свойственны ячеисто-дендритные формы кристаллизации, что приводит к образованию крупных столбчатых кристаллов и обогащению междендритных участков примесями, образующими легкоплавкие фазы. В аустенитных швах столбчатая структура выражена наиболее четко. Применение методов, способствующих измельчению кристаллов и устранению столбчатой структуры, повышает стойкость швов против образования горячих трещин. Одним из таких методов является получение швов, имеющих в структуре некоторое количество первичного δ -феррита. Положительное действие феррита в аустенитно-ферритных швах на предупреждение образования в них горячих трещин связано с изменением схемы кристаллизации и большей растворимостью в нем ликвидирующих примесей. Одновременное выпадение из жидкой фазы кристаллов аустенита и первичного δ -феррита приводит к измельчению и дезориентации структуры, т. е. к уменьшению сечения столбчатых кристаллов, разделенных

участками первичного δ -феррита. В результате вероятность образования горячих трещин по местам расположения жидких прослоек уменьшается. Получение аустенитно-ферритных швов достигается их дополнительным легированием ферритообразующими элементами, такими как хром, кремний, алюминий, молибден и др. В изделиях, работающих как коррозионностойкие при температурах до 400 °С, допускается содержание феррита до 20-25 %. В изделиях из жаропрочных и жаростойких сталей, работающих при более высоких температурах, с целью предупреждения сигматизации количество феррита в швах ограничивают 4-5 % [5].

В сталях с большим запасом аустенитности получение швов с аустенитно-ферритной структурой затруднено. Возможность предотвращения в них горячих трещин достигается ограничением содержания в швах примесей, образующих легкоплавкие, эвтектики (фосфора, серы). Для этого применяют сварочные материалы, изготовленные из сталей вакуумной выплавки или электрошлакового переплава, и ограничивают проплавление основного металла. В некоторых случаях можно улучшить стойкость швов против горячих трещин повышением содержания ликвирующих примесей до концентраций, обеспечивающих получение на завершающих стадиях кристаллизации обильной эвтектики на поверхности кристаллитов, например при легировании стали бором (0,3 - 1,5%). При этом уменьшаются деформации, накапливаемые в металле шва к концу кристаллизации, вследствие понижения верхней температуры эффективного интервала кристаллизации. Снижение действия силового фактора (ограничением тока, заполнением разделки валиками небольшого сечения, рациональной конструкцией соединения и др.) также является фактором предупреждения горячих трещин [5].

Кроме сложности получения на аустенитных высоколегированных сталях и сплавах швов без горячих трещин, имеются и другие особенности сварки, обусловленные особенностями их использования. К сварным

соединениям жаропрочных сталей предъявляется требование сохранения в течение длительного времени высоких механических свойств при повышенных температурах. Большие скорости охлаждения при сварке приводят к фиксации неравновесных структур в металле шва. В процессе эксплуатации при температурах выше 350 °С в результате диффузионных процессов в стали появляются новые структурные составляющие, приводящие к снижению пластических свойств металла шва. Термическое старение при 350-500 °С вызывает появление «475 градусной хрупкости», а при 500-650 °С приводит к выпадению карбидов и одновременно к образованию δ -фазы. Выдержка при 700-850 °С интенсифицирует образование α -фазы с соответствующим сильным охрупчиванием металла при более низких температурах и снижением прочности при высоких температурах. При этом возрастает роль и интерметаллидного упрочнения.

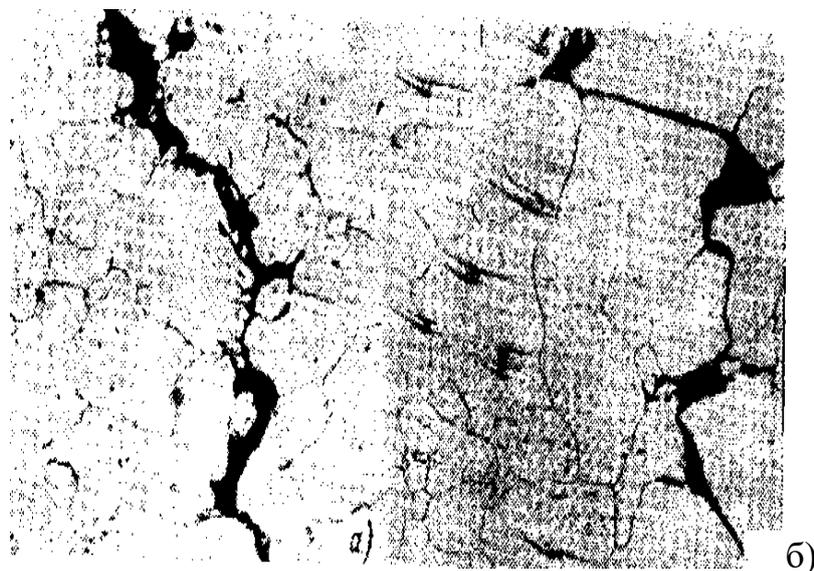


Рисунок 3 - Микроструктура сварного соединения аустенитной стали, разрушившегося по околошовной зоне: а - в процессе эксплуатации (локальное разрушение), $\times 150$; б - при испытаниях на жаропрочность

В процессах теплового старения аустенитных сталей ведущее место занимают процессы карбидного и интерметаллидного упрочнения, поэтому для уменьшения склонности сварных соединений жаростойких и

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.558 ПЗ

Лист

14

жаропрочных сталей к охрупчиванию в результате выпадения карбидов эффективно снижать содержание углерода в основном металле и металле шва [5].

Локальные разрушения (рисунки 3, 4) характерны для участка перегрева околошовной зоны и являются межкристаллическими разрушениями вследствие концентрации деформаций по границам зерен и развития процессов межзеренного проскальзывания.

Упрочнение границ зерен за счет молибдена, образующего карбиды по границам зерен, а также уменьшение содержания углерода (до 0,02%) или увеличение содержания бора до 0,5% повышает сопротивляемость сталей локальным разрушениям. Другим средством снижения склонности к локальным разрушениям является получение более пластичного металла шва [5].

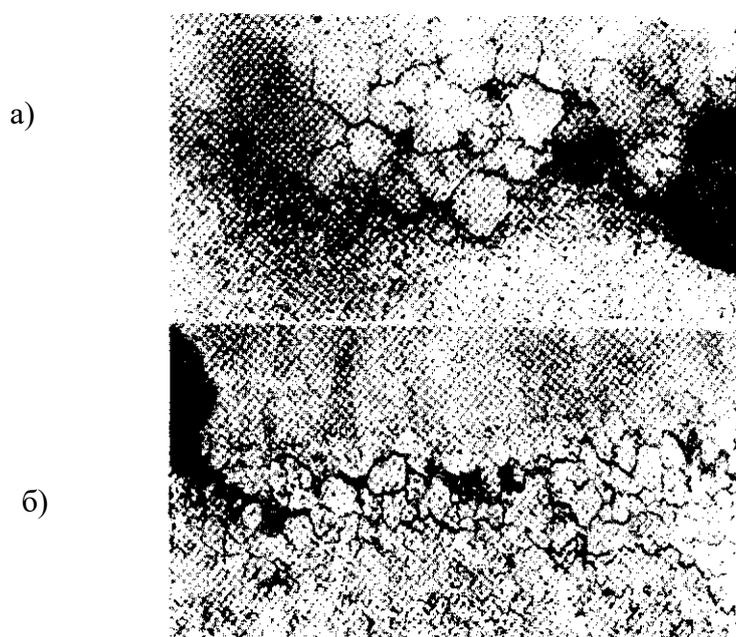


Рисунок 4 - Металлографическая картина ножевой коррозии (б) и локального разрушения (а)

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1.1.3 Основные способы сварки аустенитных сталей

Для сварки аустенитных сталей и сплавов применяют следующие способы сварки: газовую, ручную дуговую, под флюсом, вольфрамовым электродом в среде инертных газов, электронно-лучевую и диффузионную. Выбор способа и технологии сварки зависит от конкретных условий работы сварной конструкции, т. е. сводится к обеспечению наиболее важной для данных условий характеристики свойств сварного соединения. Поэтому даже для одного и того же сплава или группы сплавов технология сварки может быть различной в зависимости от условий эксплуатации сварного изделия [4].

Наиболее подходящими для сварки тонколистовых материалов являются: сварка в защитных газах; электронно-лучевая сварка; лазерная сварка.

Сварка в защитных газах

В качестве защитных используют инертные (аргон, гелий) и активные (углекислый газ, азот) газы, а также различные смеси инертных или активных газов и инертных с активными.

Сварку в защитных газах можно использовать для соединения материалов различной толщины (от десятых долей до десятков миллиметров). Применение защитных газов с различными теплофизическими свойствами и их смесей изменяет тепловую эффективность дуги и условия ввода тепла в свариваемые кромки и расширяет технологические возможности процесса сварки. При сварке в инертных газах повышается стабильность дуги и снижается угар легирующих элементов, что важно при сварке высоколегированных сталей. Заданный химический состав металла шва можно получить путем изменения состава сварочной (присадочной) проволоки и доли участия основного

металла в образовании шва, когда составы основного и электродного металлов значительно различаются, или путем изменения характера металлургических взаимодействий за счет значительного изменения состава защитной атмосферы при сварке плавящимся электродом. Сварка в среде защитных газов обеспечивает формирование швов в различных пространственных положениях, что позволяет применять этот способ вместо ручной дуговой сварки покрытыми электродами [5].

Сварку аустенитных сталей в инертных газах выполняют неплавящимся (вольфрамовым) или плавящимся электродом.

Сварку вольфрамовым электродом производят в аргоне по ГОСТ 10157 — 73 и гелии или их смесях и применяют обычно для материала толщиной до 5 -7 мм. Однако в некоторых случаях, например при сварке неповоротных стыков труб, применяют и при большой толщине стенки (до 103 мм и более). Применять этот способ необходимо также для сварки корневых швов в разделке при изготовлении ответственных толстостенных изделий.

В зависимости от толщины и конструкции сварного соединения сварку вольфрамовым электродом производят с присадочным материалом или без него. Процесс осуществляют вручную с использованием специальных горелок или автоматически на постоянном токе прямой полярности. Исключение составляют стали и сплавы с повышенным содержанием алюминия, когда для разрушения поверхностной пленки окислов, богатой алюминием, следует использовать переменный ток [5].

Сварку можно выполнять непрерывно горячей или импульсной дугой. Импульсная дуга уменьшает протяженность околошовной зоны и коробление свариваемых кромок, а также обеспечивает хорошее формирование шва на материале малой толщины. Особенности кристаллизации металлов сварочной ванны при этом способе сварки способствуют дезориентации структуры, что уменьшает вероятность образования горячих трещин, однако может способствовать образованию околошовных надрывов. Для улучшения

защиты и формирования корня шва используют поддув газа, а при сварке корневых швов на металле повышенных толщин применяют и специальные расплавляемые вставки. При сварке вольфрамовым электродом в инертных газах погруженной дугой увеличение доли тепла, идущей на расплавление основного металла, позволяет без разделки кромок, за один проход сваривать металл повышенной толщины. Однако околошовная зона расширяется, и возникает опасность перегрева металла [5].

В последнее время получил широкое распространение способ сварки высоколегированных сталей плазменной дугой. Преимуществами этого способа являются чрезвычайно малый расход защитного газа, возможность получения плазменных струй различного сечения (круглой, прямоугольной и т. д.) и изменения расстояния от плазменной горелки до изделия. Плазменную сварку можно использовать как для тонколистовых материалов, так и для металла толщиной до 12 мм. Применение ее для соединения сталей большей толщины затрудняется из-за возможности образования в швах подрезов.

Сварку плавящимся электродом производят в инертных, а также активных газах или смеси газов. При сварке высоколегированных сталей, содержащих легкоокисляющиеся элементы (алюминий, титан и др.), следует использовать инертные газы, преимущественно аргон, и вести процесс на плотностях тока, обеспечивающих струйный перенос электродного металла. При струйном переносе дуга имеет высокую стабильность, и практически исключается разбрызгивание металла, что важно для формирования швов в различных пространственных положениях и для ликвидации очагов коррозии, связанных с разбрызгиванием при сварке коррозионно-стойких и жаростойких сталей. Однако струйный перенос возможен на токах выше критического, при которых возможно образование прожогов при сварке тонколистового металла. Добавка в аргон до 3 - 5% O₂ и 15 - 20% CO₂ уменьшает критический ток, а создание при этом окислительной атмосферы

в зоне дуги снижает вероятность образования пор вызванных водородом. Однако при сварке в указанных смесях газов увеличивается угар легирующих элементов, а при добавке углекислого газа возможно науглероживание металла шва. Добавкой к аргону 5 - 10% N₂ может быть повышено его содержание в металле шва. Азот является сильным аустенизатором, и таким образом можно изменить структуру металла шва. Для сварки аустенитных сталей находит применение импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом в аргоне и смесях аргона с кислородом и с углекислым газом, обеспечивающая соединение малых толщин и струйный перенос металла при прохождении импульса тока. Одновременно импульсно-дуговая сварка вызывает измельчение структуры шва и снижение перегрева околошовной зоны, что повышает стойкость сварного соединения против образования трещин [5].

При сварке в углекислом газе низкоуглеродистых высоколегированных сталей с использованием низкоуглеродистых сварочных проволок, при исходной концентрации углерода в проволоке менее 0,07%, содержание углерода в металле шва повышается до 0,08 - 0,12%. Этого достаточно для резкого снижения стойкости металла шва к межкристаллитной коррозии. Однако науглероживание металла шва в некоторых случаях при энергичных карбидообразователях (титане, ниобии) может оказать благоприятное действие при сварке жаропрочных сталей за счет увеличения в структуре количества карбидной фазы [4].

Окислительная атмосфера, создаваемая в дуге за счет диссоциации углекислого газа, вызывает повышенное (до 50%) выгорание титана и алюминия.

Несколько меньше выгорают марганец, кремний и другие легирующие элементы, а хром не окисляется. Поэтому при сварке коррозионностойких сталей в углекислом газе применяют сварочные проволоки, содержащие раскисляющие и карбидообразующие элементы (алюминий, титан и ниобий).

Другим недостатком сварки в углекислом газе является большое разбрызгивание металла (потери достигают 10 - 12%) и образование на поверхности шва плотных пленок окислов, прочно сцепленных с металлом. Это может резко снизить коррозионную стойкость и жаростойкость сварного соединения. Для уменьшения возможности налипания брызг на основной металл следует применять специальные эмульсии, наносимые на кромки перед сваркой, а для борьбы с окисной пленкой эффективна подача в дугу небольшого количества фторидного флюса типа АНФ-5. Применение импульсной сварки также позволяет несколько снизить разбрызгивание. Сварка плавящимся электродом в углекислом газе производится на полуавтоматах и автоматах. Для сварки используют постоянный ток обратной полярности. Сварочные проволоки, созданные для сварки в углекислом газе высоколегированных аустенитных сталей, обеспечивают требуемую коррозионную стойкость и механические свойства за счет повышенного содержания титана, ниобия и элементов-ферритизаторов - кремния, алюминия, хрома [9].

Из этой группы видов сварки в данном случае наиболее предпочтительна сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов импульсной дугой, а сварка в среде углекислого газа совершенно не подходит, так как происходит науглероживание металла, что приводит к повышению межкристаллитной коррозии [9].

Электронно-лучевая сварка

Электронно-лучевая сварка обеспечивает возможность за один проход сварить без разделки кромок металл большой толщины с минимальной протяженностью околошовной зоны и очень малым коэффициентом формы шва, что является важным технологическим преимуществом этого способа. Однако и при этом способе возможно образование в шве и околошовной зоне горячих трещин и локальных разрушений в околошовной зоне. Электронно-

лучевая сварка в вакууме облегчает удаление примесей и газов, но увеличивает испарение легирующих элементов. При глубоком и узком проваре часть газов может задержаться растущими кристаллами в шве и образовать поры. Сварка материала большой толщины затруднена из-за непостоянства глубины проплавления. Сложность аппаратуры и процесса обуславливает применение электронно-лучевой сварки в основном при изготовлении ответственных конструкций из жаропрочных сталей и сплавов [4].

Сварку металла толщиной до 1 мм выполняют расфокусированным пучком электронов, а при большой толщине рекомендуют острофокусированный пучок. Для расширения технологических возможностей сварки целесообразно сообщить колебания электронному лучу поперек стыка, вдоль стыка или перемещать его по окружности, что улучшает структуру и свойства металла шва. Применение электронно-лучевой сварки позволяет повысить стойкость швов против образования горячих трещин. Сварку выполняют в диапазоне средних скоростей при наибольшей удельной мощности луча [9].

Сварка электронным лучом в данном случае подходит, но процесс создания вакуума занимает много времени, вследствие чего значительно снижается производительность этого способа сварки, а высокая стоимость оборудования значительно повышает капитальные вложения при организации производства.

Лазерная сварка

Особенностью лазерной сварки является получение плотности энергии в месте сварки того же порядка, что и при использовании электронного луча, с образованием узкого и глубокого проплавления и с малой величиной остаточных деформаций. Главным преимуществом перед электронно-

лучевой сваркой является то, что сварку металлов можно вести на воздухе, а также то, что можно точно дозировать энергию лазерного луча [5].

В машиностроении использование газовых лазеров непрерывного действия позволяет сваривать стали толщиной до 15 мм [5].

В данном случае этот способ также может применяться, как и электроннолучевая сварка, но лазеры дороже электронно-лучевых установок.

Диффузионная сварка

Диффузионная сварка в вакууме жаропрочных аустенитных сталей наиболее применима для изготовления тонколистовых конструкций, не допускающих коробления, и для материала с ограниченным легированием элементами, повышающими стойкость против образования горячих трещин. Диффузионную сварку можно выполнять без промежуточных прослоек и с промежуточными прослойками, находящимися при температуре сварки в твердом или жидком состоянии [4].

В связи с отсутствием в процессе сварки плавления и кристаллизации основного металла опасность возникновения горячих трещин уменьшается. Температуру сварки рекомендуют выбирать в интервале, в котором деформационная способность сплавов превышает деформацию, получаемую в процессе диффузионной сварки для обеспечения плотного контакта поверхностей. Для определения температуры сварки используют диаграммы технологической пластичности жаропрочных сплавов, на основании которых считают целесообразным работать в интервале температур 1100-1200 °С [4].

Легирующие элементы - хром, алюминий и титан, имеющиеся в составе жаропрочных сплавов и образующие устойчивые окисные пленки, влияют на выбор температуры и давления при диффузионной сварке. Лучшие результаты получают при высоком вакууме ($>1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.), что снижает производительность процесса.

Удалению прослоек и снижению разряжения способствует применение химической очистки соединяемых поверхностей или самофлюсующихся расплавленных металлических прослоек. Перерыв между подготовкой поверхности и сваркой должен быть минимальным, так как он влияет на стабильность прочности сварных соединений [4].

Влияние давления сжатия и температуры процесса на прочность диффузионных соединений из сплава ХН67ВМТЮ при продолжительности процесса 6 мин приведено на рисунке 5. Увеличение продолжительности процесса свыше 6 мин приводит к росту зерна [9].

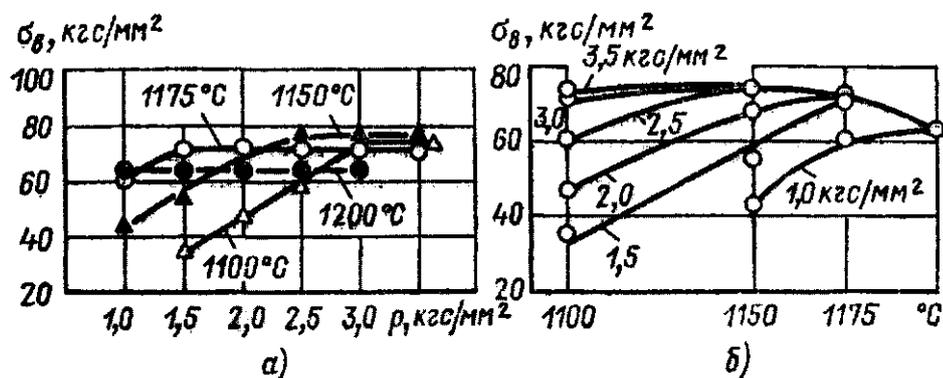


Рисунок 5 - Влияние давления сжатия (а) и температуры процесса (б) на прочность диффузионных соединений сплава ХН67ВМТЮ

При диффузионной сварке тонколистовых конструкций основная трудность заключается в выборе материала приспособления, так как керамические материалы допускают давление до 30 МПа (3,0 кгс/мм), а тугоплавкие металлы вызывают потери энергии на нагрев приспособлений. Для уменьшения давления сжатия до 10 МПа (1,0 кгс/мм) применяют промежуточные нерасплавляющиеся никелевые прослойки толщиной 0,1 мм и менее и расплавляющиеся прослойки. Длительная прочность диффузионного соединения повышается с уменьшением толщины никелевой прослойки. Жидкая прослойка при сжатии почти полностью выдавливается

из стыка, поэтому при малых давлениях применение расплавляемых прослоек является перспективным [9].

Диффузионную сварку в нашем случае применять можно, но в этом случае необходима дополнительная оснастка. Кроме того, поскольку сварка ведется с применением давления, очень сложно будет обеспечить необходимую точность размеров и возможно ослабление основного материала за счет уменьшения сечения при деформировании свариваемых заготовок.

1.1.4 Выбор способа сварки

Исходя из предложенных выше способах сварки, для изготовления мембранного узла наиболее подходит: для соединения мембраны с затвором и кольцом - электронно-лучевая сварка, а для соединения мембраны с опорой - сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона импульсной дугой.

Выбор этих способов обусловлен рядом их преимуществ перед остальными способами при сварке жаропрочных аустенитных сталей и сплавов, а именно. Высокая концентрация тепловой энергии в значительной мере снижает коробление и опасность возникновения горячих трещин, что сильно увеличивает прочность, стойкость против межкристаллитной коррозии и срок службы; значительно увеличивает проплавление, что позволяет вести сварку на пониженных токах. Отсутствие разбрызгивания в значительной мере улучшает эстетический вид изделия, а также снижает вероятность появления поверхностной коррозии. Надежная защита сварочной ванны обеспечивает хорошее формирование шва, уменьшение попадания из атмосферы посторонних веществ, которые неблагоприятно сказываются на механических свойствах сварного шва.

Еще одной причиной выбора электронно-лучевой и импульсной аргодуговой сварки является то, что при сварке этими способами происходит очень незначительное выгорание легирующих элементов, что снижает необходимость дополнительного легирования металла шва во время сварки.

1.1.5 Выводы и постановка задач

Рассмотрев вопросы свариваемости жаропрочных материалов и возможные способы сварки, мы выбираем для сварки мембранного узла электроннолучевую и импульсную аргодуговую сварку. Выбранные методы позволяют получить качественные сварные соединения с необходимыми свойствами. Электронно-лучевая сварка позволяет также получать качественные сварные соединения в труднодоступных местах, что еще увеличивает ее преимущества перед другими способами сварки.

Для разработки процесса сварки мембранного узла необходимо:

- разработать технологический процесс;
- выбрать комплекс типового оборудования, которое бы повысило производительность процесса сварки и дало ожидаемый экономический эффект;
- обеспечить надежные методы контроля сварных соединений.

Кроме того, необходимо рассмотреть вопросы, связанные с техникой безопасности и рассчитать экономическую эффективность сварки мембранного узла.

1.2 Разработка технологии изготовления запорного узла

1.2.1 Сущность электронно-лучевой сварки

Электронным лучом (пучком) называют острофокусный поток ускоренных электронов. Поток электронов, эмитированный катодом,

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

электрон растрчивает основную часть своей энергии. Таким образом, электронный нагрев происходит в самом веществе в отличие от обычных, широко применяемых в сварке источников теплоты, нагревающих поверхности металла. Наиболее интенсивное тепловыделение наблюдается на глубине пробега электрона.

Сварочная ванна испытывает реактивное воздействие испаряемого металла, теплового и рентгеновского излучения, воздействие потока электронов, а также давление отдачи вторичных и тепловых электронов. Сила давления испаряемого металла составляет основную часть общего силового воздействия на ванну, ее величина может достигать нескольких граммов [4].

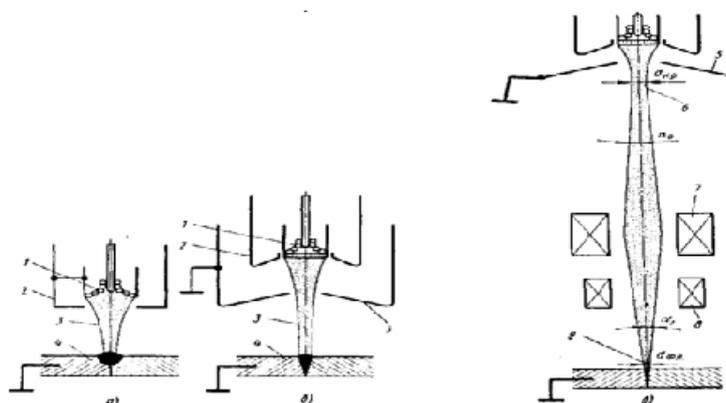
Электронный луч с требуемыми свойствами формируется в электронной пушке. Для фокусировки электронного луча значительной мощности в пятно возможно меньшего сечения сводят к минимуму влияние погрешностей электронной оптики, взаимного отталкивания электронов в пучке, тепловых скоростей электронов, рассеивания электронов на молекулах остаточных и выделяющихся в процессе сварки газов и паров. Добиваются сохранения высокой удельной мощности пучка на большом расстоянии от пушки.

В каждой электроннолучевой пушке указанные условия формирования сварочных электронных пучков обеспечиваются в различной степени в зависимости от предъявляемых к ней требований. В первых пушках для электроннолучевой сварки пучок электронов формировался только с помощью прикатодного электрода, без применения дополнительных фокусирующих систем (рисунок 6, а). Анодом пушки являлось само изделие. Такая однокаскадная электростатическая система фокусировки не может обеспечить формирования интенсивного электронного пучка с высокой плотностью энергии. Поэтому с ее помощью возможно соединение металлов сравнительно небольшой толщины (1 - 2 мм). Близость прожектора в зоне

сварки повышает опасность электрических пробоев. Технологические и электронно-оптические характеристики пушки с однокаскадной электростатической фокусировкой повышаются при введении в конструкцию ускоряющего электрода, имеющего потенциал изделия (рисунок 6, б). При этом уменьшается возможность электрических пробоев и разрядов, а для питания пушки можно использовать даже невыпрямленное ускоряющее напряжение.

Наиболее широко для формирования сварочных пучков электронов применяется комбинированная электростатическая и электромагнитная фокусировка. В пушках с комбинированной фокусировкой пучка прожектор, состоящий из катода, прикатодного электрода и ускоряющего электрода-анода, формирует сходящийся пучок электронов. Минимальное сечение пучка проектируется (обычно с уменьшением) на свариваемое изделие с помощью электромагнитной фокусирующей системы (рисунок 6, в) [4].

Основными требованиями к пучку электронов являются достаточно большая плотность энергии в пятне нагрева и малый угол сходимости пучка на изделии. Эти требования удовлетворяются в большей мере при высокой энергии электронов [4].

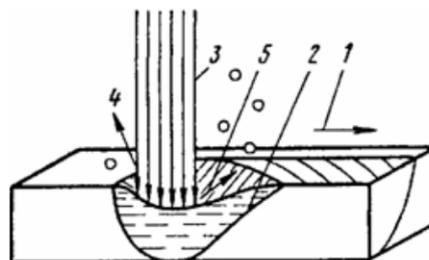


- а - однокаскадная система без ускоряющего электрода; б - однокаскадная система с ускоряющим электродом (анодом); в - система с комбинированной фокусировкой;
 1 - катод; 2 - прикатодный электрод; 3 - траектории крайних электронов; 4 - изделие;
 5 - анод; 6 - кроссовер; 7 - фокусирующая магнитная линза; 8 - система отклонения пучка; 9 - фокальное пятно

Рисунок 6 – Электронно-оптические системы сварочных пушек

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Сварку тонколистовых металлов ($\delta < 1 \div 3$ мм) обычно выполняют расфокусированным пучком электронов при небольших значениях удельной мощности в пятне нагрева. По термомодеформационному циклу такая сварка почти не отличается от аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (рисунок 7).



1 - направление перемещения изделия; 2 - фронт кристаллизации; 3 – пучок электронов; 4 - направление испарения металла; 5 - направление выноса металла в верхней части сварочной ванны

Рисунок 7 - Схема электроннолучевой сварки металлов малой толщины

Примерные параметры режимов сварки приведены в табл. 3 [5].

Таблица 3 - Ориентировочные режимы электронно-лучевой сварки жаропрочных сталей

Толщина, мм	Ускоряющее напряжение, кВ	Сила тока, мА	Скорость сварки, м/ч	Ориентировочная ширина шва, мм
1,5	18-20	50-60	60-70	2
1,0	18-20	240	50	4
20	20-22	270	50	7
35	20-22	500	40-50	8

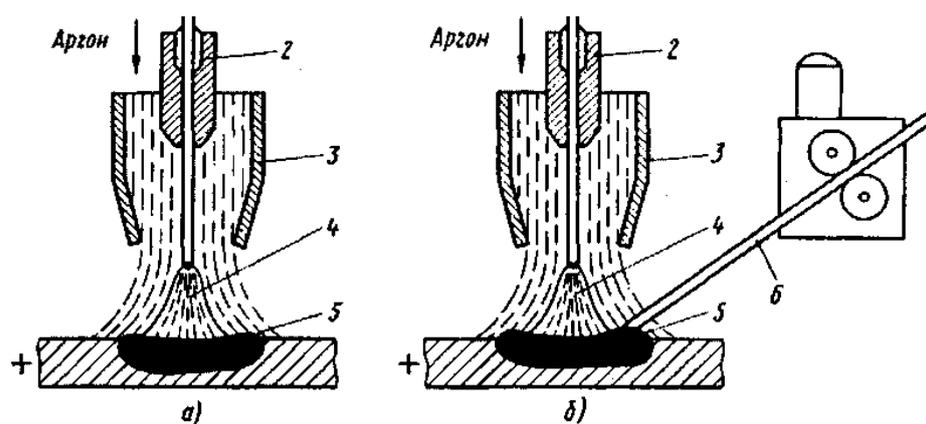
1.2.2 Сущность сварки неплавящимся электродом в среде аргона импульсной дугой

Сварка в защитных газах обеспечивает достаточно надежную изоляцию сварочной ванны при работе в заводских условиях. На эффективность

газовой защиты влияют тип сварного соединения и скорость сварки. С увеличением скорости сварки стабильность защиты снижается.

Для обеспечения надежной защиты зоны сварки и сварочной ванны от окружающего воздуха важное значение имеют расстояние сопла от изделия, размер сопла и расход защитного газа. Чрезмерное приближение к изделию увеличивает разбрызгивание сопла, а удаление приводит к нарушению защиты зоны сварки. При существующем оборудовании расстояние сопла от изделия обычно выдерживают в пределах 7-25 мм [9].

Сварку неплавящимся электродом тонкого металла без зазора между кромками ведут без присадочного металла, сварку более толстого металла выполняют с присадкой (рисунок 8). Возможна сварка во всех пространственных положениях.



1 - электрод; 2 - зажим электрода; 3 - сопло; 4 - дуга; 5 - сварочная ванна;
6 - присадочный стержень

Рисунок 8 - Схема процесса сварки неплавящимся электродом

Сварку в защитных газах, как правило, выполняют при напряжении 22-34 В. При этом обеспечивается надежная защита плавильного пространства от окружающего воздуха и снижается угар элементов, входящих в состав электродной проволоки. При сварке неплавящимся электродом применяют стержни диаметром 0,8 - 25 мм и силу тока 40-550 А. Примерные режимы сварки приведены в табл. 4 [5].

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 4 - Примерные режимы аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом высоколегированных сталей

Толщина металла, мм	Тип соединения	Ток, А	Расход аргона, л/мин	Скорость м/ч
Ручная сварка				
1	С отбортовкой	35 - 60	3,5 - 4	-
2		75 - 120	5-6	-
3		100-140	6-7	-
1	Встык без разделки присадкой	40-70	3,5-4	-
2		80-130	5-6	-
3		120-160	6-7	-
Автоматическая сварка				
1	Встык присадкой	80-140	4	30-60
2		140-240	6-7	20-30
4		200-280	7,8	15-30
1	Встык без присадки	60-120	4	35-60
2,5		110-200	6-7	25-30
4		130-250	7-8	25-30

Сварка с защитой инертными газами находит достаточно широкое применение. Инертные газы не растворяются в металле сварочной ванны и не образуют химических соединений с элементами, входящими в его состав. Серьезным недостатком этого способа является высокая стоимость и дефицитность инертных газов. Из инертных газов наиболее широко распространены в промышленности аргон и гелий, обеспечивающие высокую устойчивость дугового разряда. В отечественной практике наиболее широко применяется сварка в аргоне.

Сварку в аргоне ведут дугой прямого действия неплавящимся, в основном вольфрамовым электродом или плавящимся электродом, по составу близким к составу свариваемого металла на переменном или постоянном токе прямой полярности. Этот способ сварки применяют преимущественно при изготовлении конструкций и аппаратуры из тонколистовых высоколегированных сталей, титановых и алюминиевых сплавов. Для обеспечения направленного переноса металла во всех пространственных положениях используют сварку с наложением дополнительных импульсов или импульсную сварку (рисунок 9).

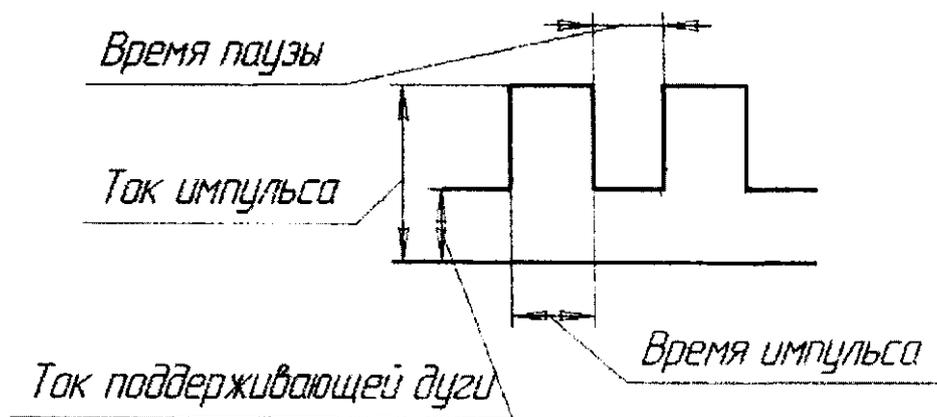


Рисунок 9 - Диаграмма тока импульсной дуги

В импульсной дуге основной ток протекает не все время, а лишь некоторое в форме циклично повторяющихся импульсов. Для того, чтобы дуга не гасла и не приходилось бы все время зажигать ее, горит дежурная дуга, ток которой намного ниже чем ток импульсов. Дежурная дуга не плавит металл, а лишь не дает дуге погаснуть.

Сварка импульсной дугой позволяет увеличить глубину проплавления, по сравнению со сваркой непрерывной дугой, при одинаковой силе тока, соответственно можно снижать силу тока, чтобы получить одинаковое проплавление.

1.2.3 Технология изготовления мембранного узла

Изготовление мембранного узла сопровождается множеством операций, важность каждого из которых нельзя недооценивать. Все операции можно объединить в несколько этапов:

- подготовка деталей под электронно-лучевую сварку;
- сварка мембраны с затвором;
- подготовка деталей под аргонодуговую сварку;
- сварка подборки с опорой.

На сварку детали поступают уже готовые детали, поэтому подготовка к сварке состоит лишь в удалении окисной и жировой пленок, а также в сборке деталей. Качество обработки поверхностей под сварку очень сильно влияет на качество сварного соединения, так как окислы, либо продукты сгорания жировых пленок попадая в сварной шов сильно ослабляют механические свойства металла шва и могут привести к образованию трещин.

Удаление окисной пленки осуществляется шлифовальной шкуркой №1 ГОСТ 5009 - 82. Места зачистки показаны на рисунке 10.

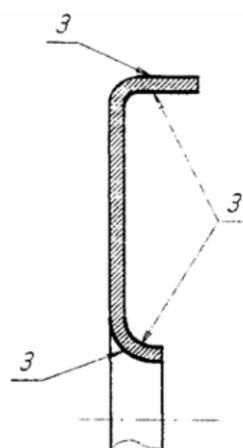


Рисунок 10 – Схема зачистки мембраны под сварку (З – места зачистки)

После зачистки, для удаления жировых пленок производится обезжиривание деталей нефрасом С2-80/120 ТУ 38.401.67.108 - 92, для этого необходимо протереть детали салфеткой АСТ-100 ГОСТ 14619 - 69, смоченной в нефрасе, а затем окунуть детали в чистую порцию нефраса. После обезжиривания необходимо выдержать детали на воздухе в течение 5 - 10 мин., а затем не менее 1-го часа при температуре $115^{\circ}\pm 35^{\circ}\text{C}$.

После сушки проверить качество обезжиривания путем протирки деталей чистой сухой салфеткой. После протирки на салфетке не должно оставаться следов грязи, жировых пятен кроме потемнений от металла.

Затем необходимо собрать детали под электронно-лучевую сварку, для этого нужно выполнить следующие операции:

- установить мембрану на затвор;
- поджать мембрану до упора в торец затвора усилием 80

Н;

- на подборку установить кольцо;
- поджать кольцо к мембране усилием 120 Н, не снимая нагрузки в течение 2 - 3 мин.;
- не снимая нагрузки с подборки проверить отсутствие зазора по поверхности В (см. чертеж изделия);
- снять с подборки нагрузку.

Перед тем, как сваривать подборку электронным лучом, ее необходимо установить в оправку (рисунок 11) и проверить радиальное биение, которое не должно превышать $0,1 + 0,15$ мм.

Затем необходимо подготовить камеру электронно-лучевой установки к сварке, для этого нужно:

- обезжирить все детали камеры, особенно резиновые уплотнения, путем протирки их салфеткой, смоченной спиртом;
- установить оправку со свариваемым изделием на вращатель электронно-лучевой установки;
- закрыть и загерметизировать камеру; откачать воздух из камеры до давления 1 - 5 Па; откачать воздух до давления $1 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$ Па;
- подвести изделие под электронный луч;
- сварить подборку без присадки со следующими режимами:
 - сила тока луча - 95 ± 10 мА,
 - ускоряющее напряжение - 25 кВ,
 - длительность импульса - 0,12 с;
 - сила тока фокусирующей катушки - 235 ± 10 мА,

- время сварки - 11 ± 2 с/об;
- разгерметизировать камеру и снять сваренную подборку;
- зачистить сваренный шов до металлического блеска металлической щеткой 12X18H9T 0 0,1-0,15 мм.

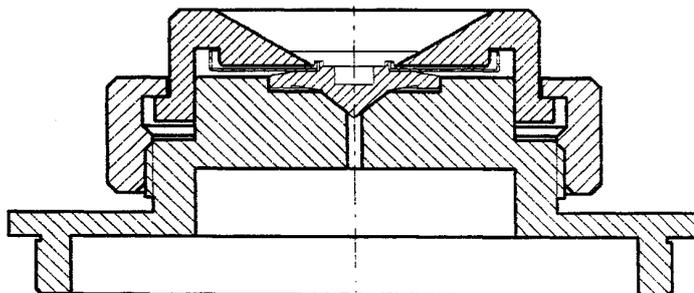


Рисунок 11 - Оправка для установки свариваемой подборки под сварку электронным лучом

На сваренном шве допускается только золотисто-желтый цвет побежалости.

Перед сваркой подборки с опорой необходимо подготовить места под сварку и собрать изделие. Для этого необходимо произвести ряд следующих операций:

- обезжирить свариваемые кромки путем протирки их салфеткой, смоченной в нефрасе, с последующим окунанием деталей в чистую порцию нефраса;
- выдержать детали на воздухе 5-10 мин. до полного испарения нефраса с поверхностей деталей;
- просушить детали не менее 1-го часа при температуре $115^{\circ} \pm 35^{\circ} \text{C}$;
- проверить качество обезжиривания путем протирки деталей чистой сухой салфеткой (после протирки на салфетке не должно остаться следов грязи и жировых пятен, допускается лишь потемнение от металла);
- запрессовать опору в мембрану до упора.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Перед сваркой подготовленная сборка устанавливается в приспособление для сварки (рисунок 12). Затем приспособление устанавливается в планшайбу и поджимается центром задней бабки.

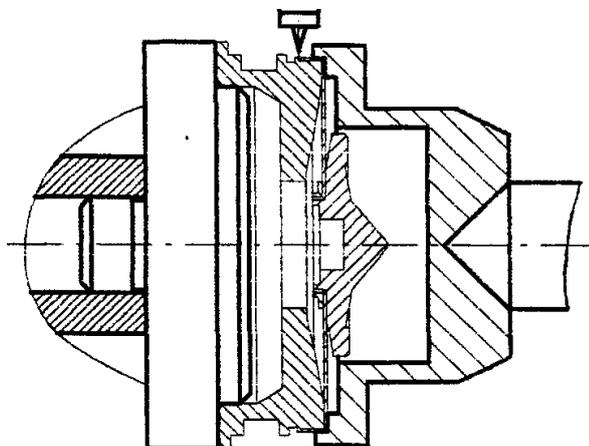


Рисунок 12 - Схема аргонодуговой сварки

После установки приспособления со свариваемым изделием на вращатель необходимо проверить его на торцевое биение, которое не должно превышать 0,5 мм. Затем привести сварочную горелку на шов и проверить совпадение электрода с линией сварки, наибольшее несовпадение не должно превышать 0,5 мм (если несовпадение больше, то отправить заготовку на пересборку).

Сваривать сборку за один проход в нижнем положении прямой полярности со следующими режимами:

- сила сварочного тока - 30 ± 35 А;
- длительность импульса - 0,24 с;
- длительность паузы - 0,18 с;
- время сварки - 160 с/об;
- расход защитного газа (аргона) - 10 ± 12 л/мин.

При сварке использовать: аргон высшего сорта ГОСТ 10157 - 79, вольфрамовые электроды ЭВЛ - 10 ГОСТ 23499 - 80.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

После сварки изделия для снятия остаточных напряжений и придания швам требуемой прочности (снижение хрупкости) необходима термообработка. В качестве термообработки выбирается старение, которое проводится по технологии, приведенной ниже.

Сначала контейнер для термообработки обезжиривается, затем в него укладываются изделия по 4 в один ряд (рисунок 13).

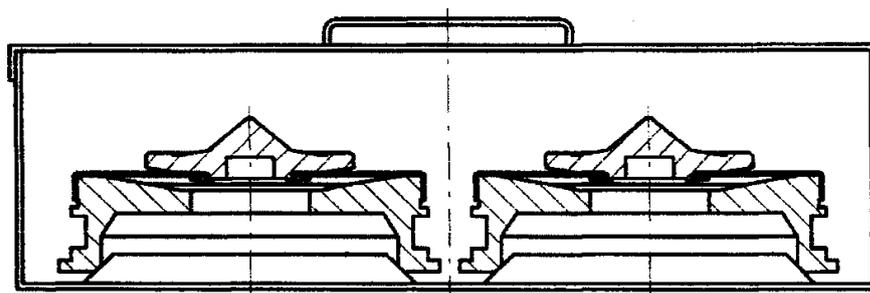


Рисунок 13 - Контейнер для термообработки с изделиями

Контейнер с изделиями помещается в печь РН - 04П, после чего печь герметизируется и внутри нее создается вакуум порядка 0,1 Па, затем изделие проходит следующий термический цикл старения:

- нагрев до $660 \pm 10^\circ\text{C}$;
- выдержка при этой же температуре в течение $3,5 + 4$ часов;
- охлаждение с печью до температуры примерно 100°C ;
- охлаждение на воздухе до $10 + 40^\circ\text{C}$.

1.2.4 Контроль качества

Исходя из того, что изделие устанавливается в летательный аппарат и эксплуатация его сопрягается с повышенным риском, то выход из строя какого-либо узла или детали крайне не допустим. Поэтому и контроль качества мембранного узла должен быть повышенным. Для большей

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.558 ПЗ

Лист

37

гарантии качества изготовленных изделий будет производиться несколько видов контроля:

- металлография (1 экземпляр от партии одновременно сваренных изделий);
- проверка на прочность (100%);
- проверка на герметичность (100%).

Металлографический метод контроля сварного соединения - это контроль по многократно увеличенному снимку шлифа сварного шва и околошовной зоны. По снимку определяют: несплавления, трещины и посторонние включения, поры.

Для металлографии мембранного узла необходимо приготовить шлифы.

Выбранный, один из партии одновременно сваренных изделий, узел разрезается на 4 части (рисунок 14), каждая из которых шлифуется сначала шлифовальным кругом, после крупным, затем мельче и так далее.

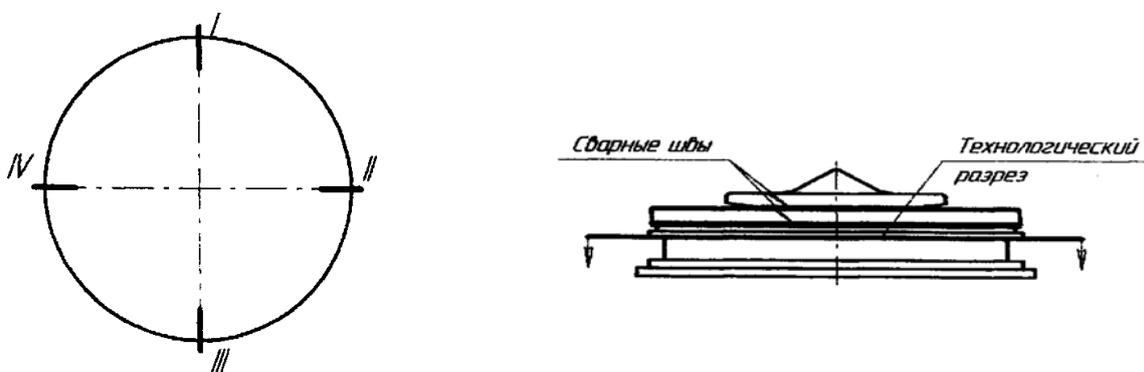


Рисунок 14 - Схема разрезания образца на металлографию

При достижении определенной шероховатости «зеркало» доводить на матерчатом круге с добавлением шлифовальной пасты. Когда поверхность станет зеркальной, протравить ее и осмотреть под микроскопом на: прилегание мембраны к опоре (зазор не допускается); прилегание мембраны

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

к затвору (зазор не допускается); наличие горячих трещин (допускаются трещины размером до 0,25 мм)

При обнаружении дефектов из той же партии выбираются и проверяются по той же технологии еще два узла. Если хотя бы один из них не «проходит» - бракуется вся партия.

После металлографии, если партия «прошла», все изделия партии отправляются на испытания на прочность и герметичность.

Испытание узлов на прочность ведется в специальном приспособлении (рисунок 15)

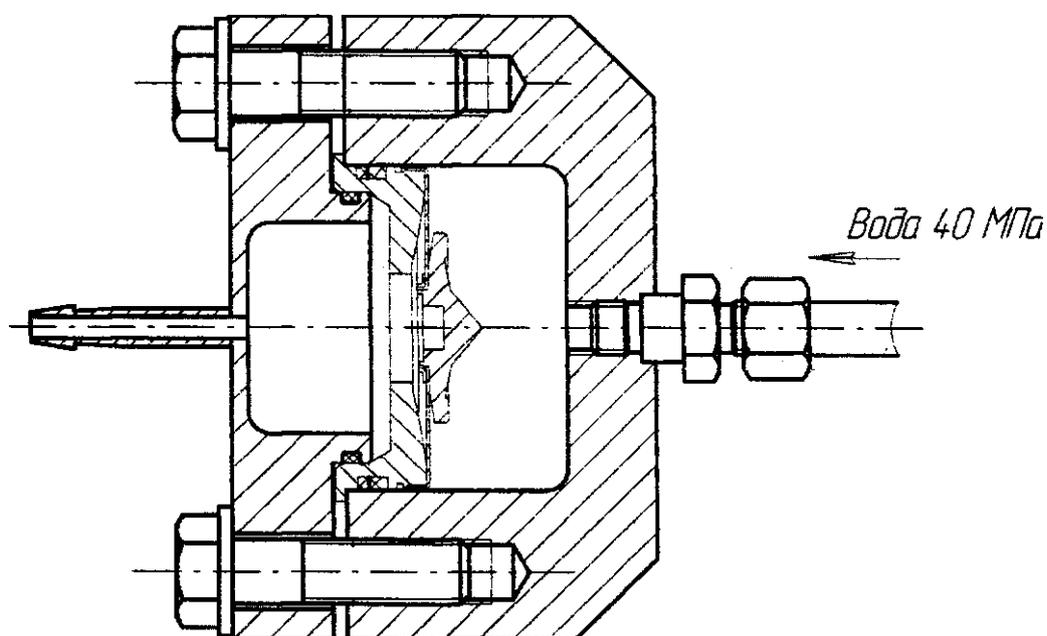


Рисунок 15 - Схема испытания изделий на прочность

Изделие устанавливается в приспособление. Через штуцер подводится вода и накачивается до давления 40 МПа и выдерживается в течение 10-ти минут.

Если за это время давление падает не более чем на 0,5 МПа (некоторое падение давления обусловлено прогибом мембраны и увеличения объема внутри полости приспособления), значит изделие признается годным.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.558 ПЗ

Лист

39

Испытание изделий на герметичность проводится в том же приспособлении, но по другой схеме (рисунок 16).

Изделие устанавливается в приспособление. К одному штуцеру подсоединяется сеть, в которой находится сжатый воздух давлением 32 МПа, подаваемый от компрессорной, а на другой надевается шланг небольшой длины (300 + 400 мм), свободный конец которого помещается в сосуд с водой. Затем подается давление в приспособление и выдерживается в течение 0,5 + 0,7 мин. Если за это время в сосуде с водой не появляются пузырьки, изделие признается годным к использованию.

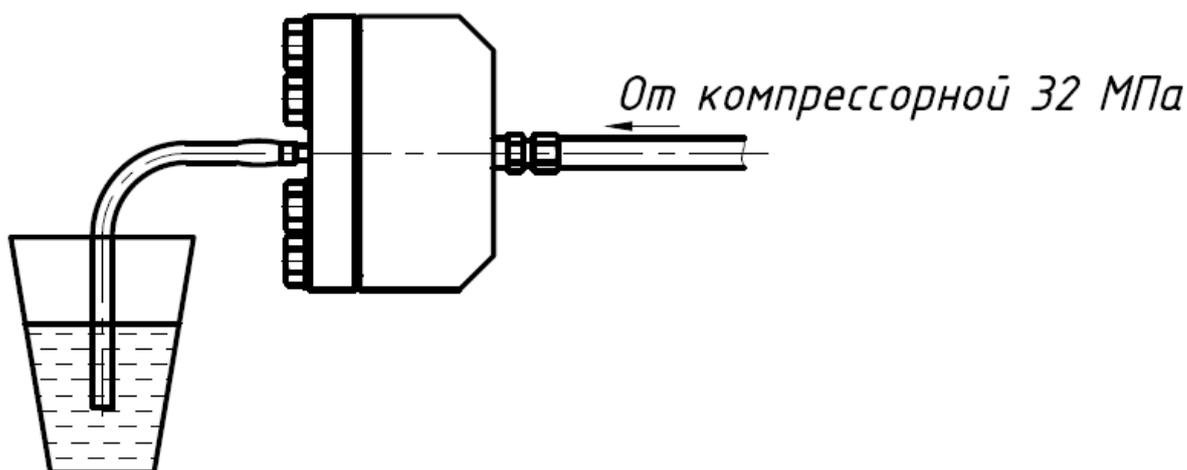


Рисунок 16 – Контроль изделия на герметичность

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1.3 Выбор оборудования и разработка приспособлений для изготовления запорного узла трубопроводного клапана

1.3.1 Установка электронно-лучевой сварки ОЗЛЭВ 80-1

При проектировании технологии сварки какого-либо изделия для снижения капитальных основных вложений для организации производства необходимо стараться выбирать серийное оборудование.

Отечественной промышленностью в настоящее время выпускается довольно много марок электронно-лучевых установок для сварки. В большинстве своем эти установки универсальные. Очень широко распространены установки серий ЭЛУ и ОЗЛЭВ. Для сварки мембранного узла, исходя из размеров рабочей камеры, наиболее подходит установка электронно-лучевой сварки ОЗЛЭВ 80-1.

Установка предназначена для электронно-лучевой сварки в непрерывном, импульсном и моноимпульсном режимах изделий из металлов и сплавов, имеющих давление паров не выше 13 Па (1-10-1 мм рт. ст.) при температуре 1500°C. Она изготовлена в исполнении V категории 4.3 по ГОСТ 15150 - 69 и предназначена для работы при температуре от +15°C до +35°C, относительной влажности от 45 до 80 %, атмосферном давлении от 8,7*10⁴ до 10,7*10⁴ Па (650 - 800 мм рт. ст.).

Питание установки осуществляется от 3-фазной 4-проводной с нулевым проводом сети переменного тока напряжением 380/220 В частоты 50 Гц.

Установка обеспечивает работу при подаче охлаждающей воды с температурой не выше +20°C под давлением 0,2 - 0,4 МПа (2 - 4 кгс/см²), а также сжатого воздуха под давлением 4 - 6 кгс/см².

Габаритные размеры установки:

- длина- 1750 мм;
- ширина - 1400 мм;

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

- высота - 2000 мм;
- масса, не более - 1200 кг.

Максимальная электрическая мощность, потребляемая установкой, не более - 6,5 кВт.

Единовременное действие тока накала электронного луча не должно превышать $1000/I_l$ [сек.], где I_l - ток луча, мА. Перед последующим включением накала необходим перерыв 20 мин.

Установка обеспечивает возможность непрерывной и импульсной ЭЛС круговых швов с подготовленными кромками и точечной (моноимпульсной) сварки изделий в вакууме при давлении от $10,7 \cdot 10^{-3}$ до $2,6 \cdot 10^{-3}$ Па ($8 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.) при ускоряющем напряжении 25 кВ и токе электронного луча до 80 мА.

При направлении электронного луча сверху вниз возможна установка изделий под различным углом к лучу. Наибольшие размеры свариваемых изделий при горизонтальном и вертикальном положении их осей вращения указаны в табл. 5. Кроме этого в одношпиндельном приводе возможна сварка изделий длиной до 400 мм горизонтальной осью вращения за счет уменьшения величины возможного горизонтального передвижения для подведения шва под электронный луч.

Таблица 5 - Максимальные размеры свариваемого изделия

Тип наибольшего размера	Численное выражение в мм
Диаметр	42
Длина	45*/220**
Расстояние сварного шва от торца	80**
Диаметр	130
Длина	100*/265**
Расстояние сварного шва от торца	135 **

*- при сварке изделий с вертикальной осью вращения;

** - при сварке изделий с горизонтальной осью вращения.

Расход охлаждающей воды, подаваемой в установку, не более 8 л/мин. при температуре +15 °С.

Расход сжатого воздуха не более 0,01 м³/ч при давлении 7*10⁵ Па (6 кгс/см²).

Мощность дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 5+10 см от внешних поверхностей не более 0,01 мкР/с.

Наработка на отказ при доверительной вероятности 0,8 не менее 300 ч.

Среднее время восстановления при доверительной вероятности 0,8 не более 8 ч.

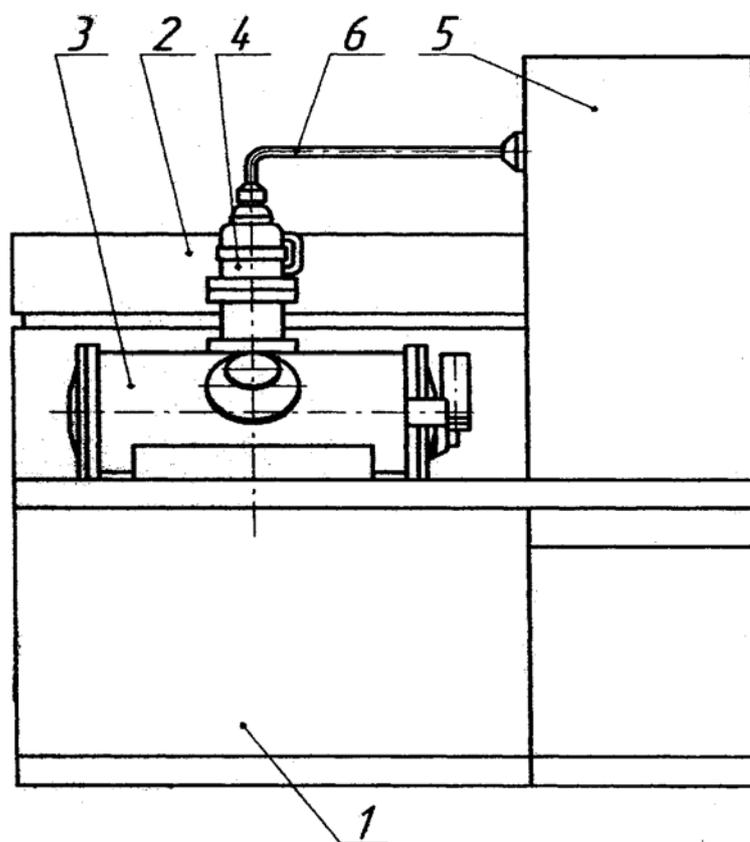
Коэффициент готовности не менее 0,8.

Установка состоит из следующих составных частей и компонентов (рисунок 17):

- агрегат вакуумный (поз. 1 рис.);
- блок управления (поз. 2 рис.);
- рабочая камера (поз. 3 рис.);
- излучатель электронно-лучевой (поз. 4 рис.);
- блок питания (поз. 5 рис.);
- кабель (поз. 6 рис.).

Вакуумный агрегат служит для откачки воздуха из рабочей камеры. Блок управления управляет работой всей установки. Электронно-лучевой излучатель питается от источника питания, энергия от которого поступает на пушку по высоковольтному кабелю.

В основе работы установки лежит принцип использования электронного луча в качестве высококонцентрированного источника тепла при сварке плавлением в вакууме.



2
Рисунок 17 - Установка электронно-лучевой сварки ОЗЛЭВ 80-1

Электронный луч генерируется, формируется и управляется электронно-лучевым излучателем при подаче на него необходимого питания и обеспечении достаточного разрежения воздуха внутри излучателя и рабочей камеры. Требуемая скорость сварки достигается вращением свариваемых изделий.

Органы управления установкой размещены на лицевой стороне блока управления, пульта управления камеры и лицевой панели управления блока питания.

Для переналадки установки с целью сварки различных по размерам изделий используют сменные приводы.

Камера 1 (рисунок 18) смонтирована прямоугольном основании 2 имеющем направляющие 3, по которым выдвигается тележка. Перед камерой

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1 установлен пульт 4 оперативного управления процессом сварки изделий. Внутри камеры 1 расположен светильник 5. Для наблюдения за процессом сварки и перемещения изделий камера снабжена смотровым окном 7. Наблюдение осуществляется через сменный светофильтр 8, стекло 9 и предохраняющее последнее от напыления стекло 10. По мере запыления стекло 10 поворачивают ручкой 11. Для замены или чистки стекла 10 при полном его запылении крышка 12 сделана легкоъемной. На тележке на направляющих 13 установлены платформы, связанные винтом. Одна платформа предназначена для установки заднего центра, поддерживающего длинное свариваемое изделие. Эта платформа имеет установочное продольное перемещение относительно платформы относительно второй платформы, которое осуществляется вручную. Эта платформа служит для установки привода вращения свариваемого изделия и имеет продольное перемещение от электродвигателя 16. Ручка 21 служит для переключения вращения изделия на поступательное его движение и наоборот.

При закатывании тележки в камеру 1 она закрывается крышкой 14. Крючки 15, находящиеся по обе стороны крышки, зацепляются упоры фланца камеры, а при повороте ручки 16 вниз происходит уплотнение камеры. Камера 1 имеет фланец 17 для подсоединения к вакуумной системе и фланец 18 для подсоединения электронно-лучевого излучателя.

На панели пульта 4 размещены органы управления освещением камеры (включение и яркость), приводом (включение тумблером или кнопкой, реверсирование и регулировка скорости) и электронным лучом (переключение режимов: моноимпульсный, импульсный, непрерывный; переключение длительностей импульсов и пауз, включение, регулировка тока электронного луча и отключение, включение моноимпульса; включение отклоняющей системы и регулировка величин отклонений; управление фокусировкой луча и переключение полярности фокусирующей линзы).

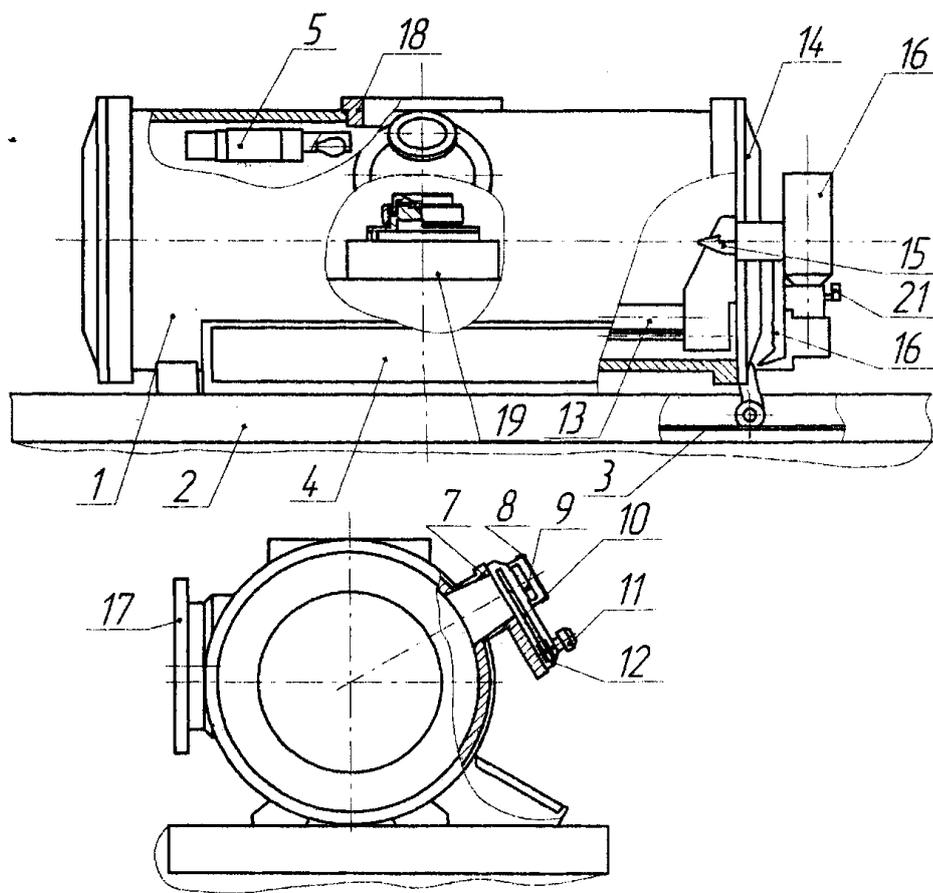


Рисунок 18 - Рабочая камера установки ОЗЛЭВ 80-1

1.3.2 Установка аргонодуговой сварки кольцевых швов

Назначение установки

Установка предназначена для сварки кольцевых швов изделий с максимальными длиной - 700 мм и диаметром - 400 мм. В зависимости от применяемой головки и источника питания на вращателе могут свариваться изделия различными видами сварки.

Могут свариваться изделия, как с горизонтальной осью вращения, так и с вертикальной, для этого редуктор 1 (рисунок 19) вместе с планшайбой 8 поворачивается на 90° относительно оси червяка 4.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Установка аргодуговой сварки состоит из вращателя, источника питания и сварочной горелки.

Все составляющие вращателя располагается на раме 7, которая изготовлена из уголка с помощью сварки и неподвижно крепится к полу с помощью болтов. Для обеспечения устойчивости вращателя болты «заливаются» в пол при подготовки платформы для установки вращателя. На раму укладывается плита параллельно полу. К плите за вал червяка 4 крепится редуктор 1 с помощью двух кронштейнов 22 и 23 (лист ДП - 2068998 - 120500 - 01 - 04 -06.00 СБ), на вал 3 червячного колеса 2 с помощью винтов крепится планшайба 8. Также к плите крепится задняя бабка 15 с центром, который служит для центровки и поджатая свариваемого изделия, и устанавливается в нее по конусу Морзе №3

Бабка имеет продольное перемещения от механизма перемещения задней бабки 16, который состоит из червячного трапа и приводится во вращение вручную за маховичок. Бабка неподвижно соединена с гайкой, которая и получает движение от червячного трапа. Для получения вращения от электродвигателя постоянного тока п12 (поз. 5), который крепится к раме 7, на вал-червяк устанавливается шкив клиноременной передачи диаметром 186,6 мм, а на вал двигателя устанавливается шкив диаметром 68 мм.

Вращение от одного шкива к другому передается через клиновой ремень сечения А по ГОСТ 1284 - 72.

Изменение скорости сварки осуществляется изменением частоты вращения двигателя, который может вращаться со скоростью 100 + 1700 об/мин. и развивает максимальную мощность до 0,45 кВт.

Для быстрой остановки свариваемого изделия на вал червячного колеса ставятся тормозные колодки, которые изготавливаются из бронзы БрАЖ 9-4 и сдавливаются пружиной. При сварке мембранного узла ось вращения располагается вертикально, и приспособление со свариваемым изделием

прижимается центром, который неподвижно установлен в посадочное место задней бабки.

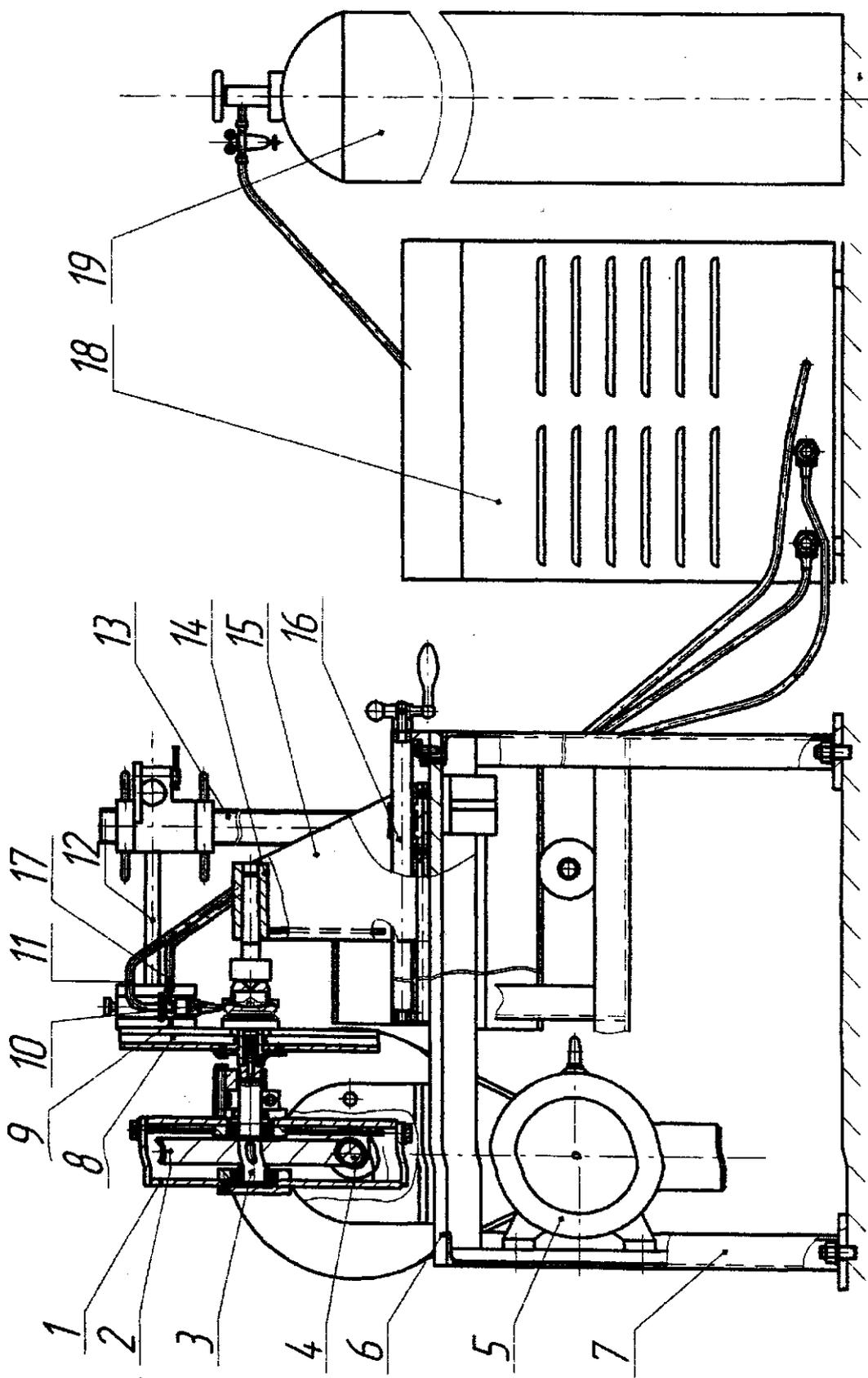


Рисунок 19 — Установка для аргонодуговой сварки кольцевых швов

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.558 ПЗ

Лист

48

На вращателе установлен двигатель постоянного тока, что позволяет, в совокупности с изменением передаточного числа редуктора и ременной передачи, в широком диапазоне изменять частоту вращения планшайбы, а соответственно и свариваемого изделия, поэтому очень важно контролировать обороты двигателя. Контроль за оборотами двигателя производится с помощью тахогенератора, устанавливаемого на вал двигателя.

Рассчитаем обороты двигателя для требуемой технологией скорости вращения изделия при заданных передаточных отношениях.

Скорость вращения изделия: $n = 0,375 \text{ мин}^{-1}$

От двигателя скорость вращения проходит две ступени понижения: первая - ременная передача, вторая - редуктор.

Передаточное число ременной передачи находится как

$$k_{\text{пер}} = d1/d2, \quad (3.1)$$

где $d1$ - диаметр первого шкива,

$d2$ - диаметр второго шкива.

Передаточное число редуктора находится как

$$k_p = z1/z2, \quad (3.2)$$

где $z1$ - число зубьев первого колеса,

$z2$ - число зубьев второго колеса.

Общее передаточное число находится как

$$k_o = k_{\text{пер}} * k_p \quad (3.3)$$

Передаточное отношение найдется исходя из того, что:

$$d_1 = 63 \text{ мм}; d_2 = 180 \text{ мм}; z_1 = 1; z_2 = 100.$$

Отсюда:

$$k_o = 63/180 \cdot 1/100 = 0,0035.$$

Обороты двигателя будут находиться по формуле:

$$N_{дв} = n / k_o = 0,375 / 0,0035 = 107 \text{ мин}^{-1}.$$

Описание сварочной горелки

В установке в случае сварки мембранного узла применяется горелка, сделанная наподобие горелки малогабаритной установки аргонодуговой сварки УСГ-1.

Устройство малогабаритной сварочной горелки показано на рисунке 20.

Вольфрамовый электрод 2 устанавливается в цангу. Вылет электрода регулируется вращением гайки 4, а вертикальное перемещение горелки осуществляется вращением винта 5. Токоподвод к электроду осуществляется через кабель 7, а подвод защитного газа осуществляется по шлангу 8. Защитное сопло 1 сделано узким, что значительно увеличивает возможность сварки в труднодоступных местах.

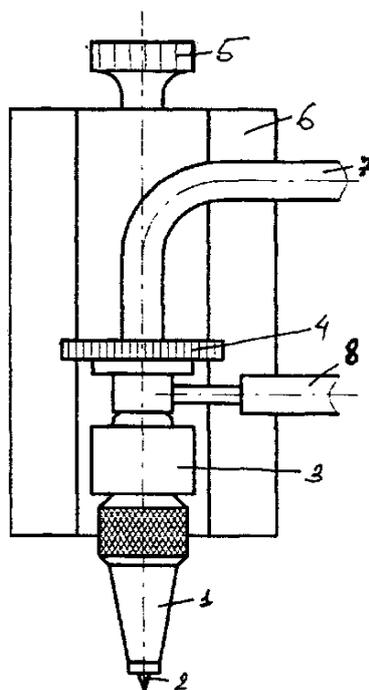


Рисунок 20 - Устройство малогабаритной сварочной горелки

Цанга горелки обеспечивает надежное зажатие электродов диаметром от 0,5 до 2 мм.

Горелка имеет воздушное охлаждение, поэтому сварочный ток, проходящий через горелку ограничен до 60 А.

Горелка с механизмом перемещения крепится с помощью штанги 12 к колонне 13.

Механизм перемещения обеспечивает лишь небольшое вертикальное (до 70 мм) и угловое перемещение горелки. Основное перемещение горелки осуществляется вместе с механизмом перемещения.

Источник питания

Для сварки мембранного узла в установке в качестве источника питания сварочной дуги применяется выпрямитель ВСВУ - 80.

Источники питания типа ВСВУ являются выпрямителями трехфазного тока и предназначены для питания установок автоматической,

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

механизированной и ручной сварки непрерывной и импульсной дугой неплавящимся вольфрамовым электродом жаропрочных, нержавеющей сталей и титановых сплавов в аргоне [9].

Конструкция выпрямителя является продолжением разработки специализированных источников питания постоянного тока с унифицированными блоками [9], имеющих силовую схему, показанную на рисунке 21.

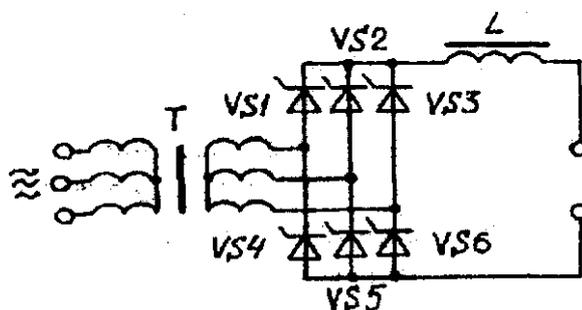


Рисунок 21 - Электрическая схема силовой цепи выпрямителя типа ВСВУ

Упрощенная принципиальная электрическая схема выпрямителя показана на рис. 22. Схема включает силовой трансформатор Т1 с дополнительными обмотками источника возбуждения. В источник возбуждения входят дроссель L1...L3 и маломощный выпрямитель VD1...VD4. К основным вторичным обмоткам силового трансформатора подключен тиристорный выпрямитель VS1...VS6, на выходе, которого имеется сглаживающий дроссель L4. Тиристоры и силовые элементы схемы охлаждаются двумя вентиляторами М1 и М2. Внешняя характеристика источника показана на рисунке 23 и складывается из характеристики дополнительного и основного источников возбуждения.

Основные технические параметры выпрямителя ВСВУ - 80 приведены в таблице. 6.

Таблица 6 - Основные технические параметры выпрямителя ВСВУ - 80

Параметр	Численное выражение
Номинальный сварочный ток, А	80
Диапазон регулирования основного тока и тока импульса, А	$(5 + 80) \pm 10\%$
Диапазон регулирования дежурного тока, А	$(5 + 20) \pm 10\%$
Напряжение холостого хода, не более, В	54
Номинальное рабочее напряжение, В	18
Потребляемая мощность, не более, кВт*А	12
Стабильность установленного сварочного тока при номинальных параметрах, % \pm	1
Длительность импульса и паузы, с	0,04 \pm 2,0 через 0,02 с
Длительность переднего фронта импульса, с	0,02 \pm 0,5 через 0,1 с
Время нарастания сварочного тока после возбуждения дуги, с	0,2 \pm 5
Время нарастания тока дежурной дуги, не менее, с	0,5
Время спада сварочного тока, с	0,2 \pm 5
Время спада тока дежурной дуги, с	0,2 \pm 5
Погрешность стабилизации сварочного тока при колебаниях напряжения в сети $\pm 10\%$, %	$\pm 1,5$
Напряжение питания, В; Гц	380; 50
КПД	0,75
Коэффициент мощности, не менее	0,7
Масса, не более, кг	160
Габаритные размеры, мм	590x920x800

Упрощенная принципиальная электрическая схема выпрямителя показана на рис. 22. Схема включает силовой трансформатор Т1 с дополнительными обмотками источника возбуждения. В источник возбуждения входят дроссель L1...L3 и маломощный выпрямитель VD1...VD4. К основным вторичным обмоткам силового трансформатора подключен тиристорный выпрямитель VS1...VS6, на выходе, которого имеется сглаживающий дроссель L4. Тиристоры и силовые элементы схемы охлаждаются двумя вентиляторами М1 и М2. Внешняя характеристика источника показана на рисунке 23 и складывается из характеристики дополнительного и основного источников возбуждения.

Управление выпрямителем осуществляется электронной схемой, размещенной на семи платах блока управления. На каждой плате блока размещен один функциональный элемент схемы. Такими элементами являются субблок логики БЛ, усилитель У, модулятор М, три формирователя импульсов ФИ (по числу пар силовых тиристоров) и генератор импульсов ГИ.

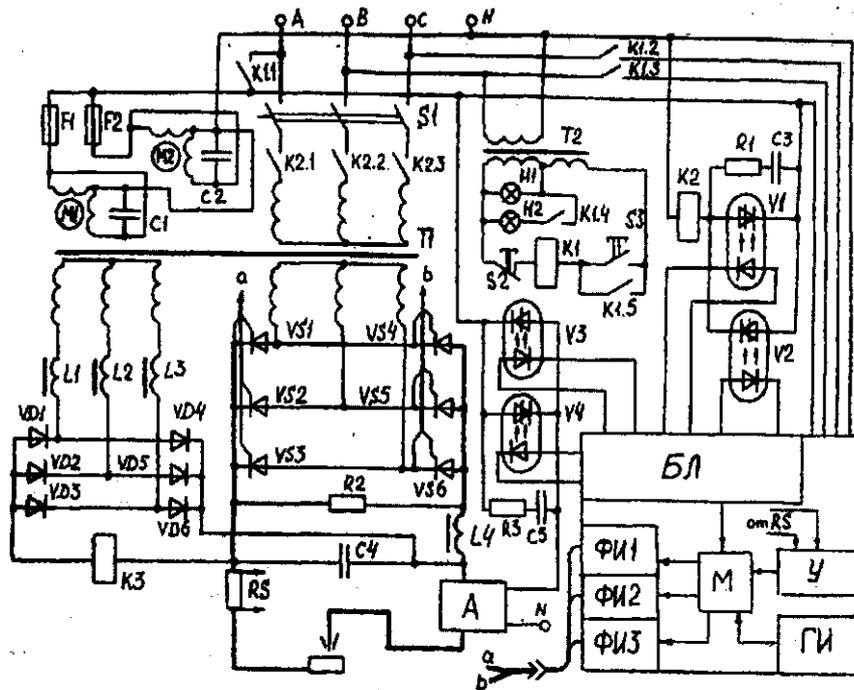
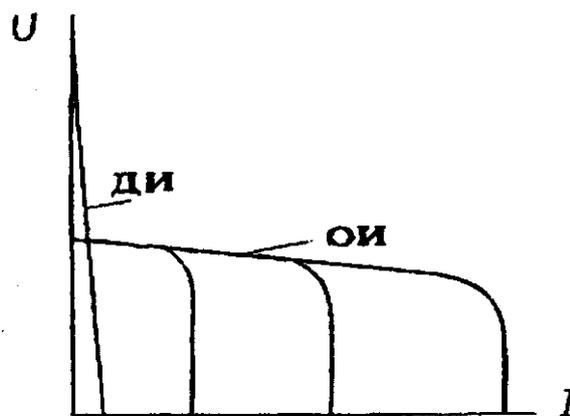


Рисунок 22 - Принципиальная электрическая схема выпрямителя ВСВУ-80



ДИ - характеристика дополнительного источника зажигания дуги; ОИ – характеристика основного источника

Рисунок 23 - Внешняя характеристика источников ВСВУ

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Включение, отключение и управление током сварки может производиться от дистанционного выносного пульта управления при включенном выключателе на лицевой панели источника «Внешнее управление». В случае местного управления регулирование тока осуществляется дискретным переключателем регулятора тока сварки на источнике, а запуск с пульта управления. Ток дежурной дуги регулируется дискретным переключателем на лицевой панели источника.

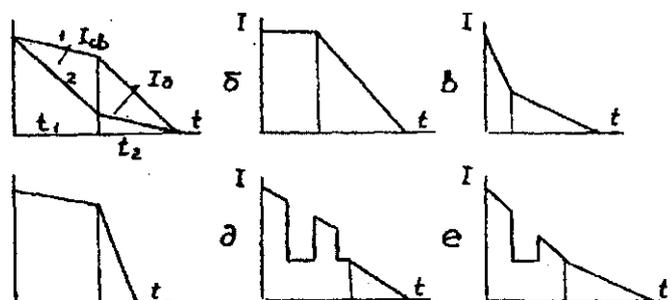
Все остальные регулировки, указанные выше в перечне основных технических параметров, выполняются соответствующими потенциометрами, расположенными также на лицевой панели источника.

Выпрямитель снабжается осциллятором типа ОСГШЗ-300М-1.

При подключении выпрямителя ВСВУ-80 к сети загорается сигнальная лампа Н1. После включения автомата защиты сети от коротких замыканий S1 и нажатия кнопки S3 «Управление включено» срабатывает реле К1, подготавливая к включению магнитный пускатель, К2 и включая вентиляторы М1 и М2. О срабатывании реле К1 сигнализирует лампа Н2. При поступлении команды с выносного пульта в блок логики подключаются входные цепи оптронных тиристоров V1 и V2 и срабатывает магнитный пускатель К2, подключая сварочный трансформатор. Появляется напряжение холостого хода вспомогательного выпрямителя зажигания. Одновременно блок логики включает входные цепи оптронов V3 и V4 и начинает работать осциллятор. Возбуждается сварочная дуга, появляется ток и срабатывает реле тока К3. Осциллятор отключается, на тиристоры V1..V6 подаются управляющие импульсы, и начинается плавное нарастание тока от тока возбуждения (около 5 А) до установленного регулятором значения. Время нарастания регулируется резистором на лицевой панели выпрямителя. Если дуга не возбудилась, то через несколько секунд (регулируется в блоке логики) магнитный пускатель К2 отключается.

Если сварка будет производиться в импульсном режиме, то перед включением выпрямителя переключатель вида режимов работы устанавливается в положение «Импульсный режим». Требуемая длительность импульса и паузы, а также величина токов импульса и паузы (в паузе действует ток дежурной дуги) устанавливаются соответствующими переключателями на передней панели источника. Требуемая длительность переднего фронта импульса устанавливается нажатием одной из клавиш регулятора с обозначением ТФР.

По окончании сварки после подачи сигнала на отключение ток плавно снижается до минимального (тока возбуждения), и затем пускатель К2 отключается. Таким образом, происходит заварка кратера. Плавное снижение тока осуществляется за два этапа. Сначала ток снижается от значения тока сварки до величины, соответствующей установке (положению) регулятора дежурного тока. Затем происходит снижение тока до минимального значения. Графики спада тока при различных значениях токов сварки ($I_{св}$) и дежурного ($I_{д}$) показаны на рисунке 24 [9]•



а - время спада t_1 и t_2 равны; $I_{св}$ мало отличается от $I_{д}$ (1), $I_{св}$ сильно отличается от $I_{д}$ (2); б - время спада t_1 меньше, а $I_{св} = I_{д}$; в - то же, что и б, но $I_{св} = 2I_{д}$; г - то же, что а, но время спада t_2 меньше t_1 ; д и е - примеры графиков для импульсного режима

Рисунок 24 - Параметры графиков спада сварочного тока при различных значениях дежурного тока дуги $I_{д}$ и времени их спада t_1 и t_2

Во время работы выпрямителя формирователи импульсов ФИ1...ФИЗ осуществляют импульсно-фазовое управление тиристорами. Управление

производится по вертикальному принципу, заключающемуся в сравнении синхронизированного с сетью пилообразного напряжения с управляющим напряжением постоянного тока. В рассматриваемой схеме для синхронизации пилообразного напряжения в ФИ использованы логические элементы, обеспечивающие импульсы при низких значениях входного выпрямленного напряжения сети (рисунок 25 а). Пилообразное напряжение U_r сравнивается с заданным U_3 (рисунок 25 б) и подается на пороговое устройство. При $U_r = U_3$ пороговое устройство срабатывает, в результате чего формируется импульс напряжения, который дифференцируется, усиливается и подается на управляющие электроды тиристоров.

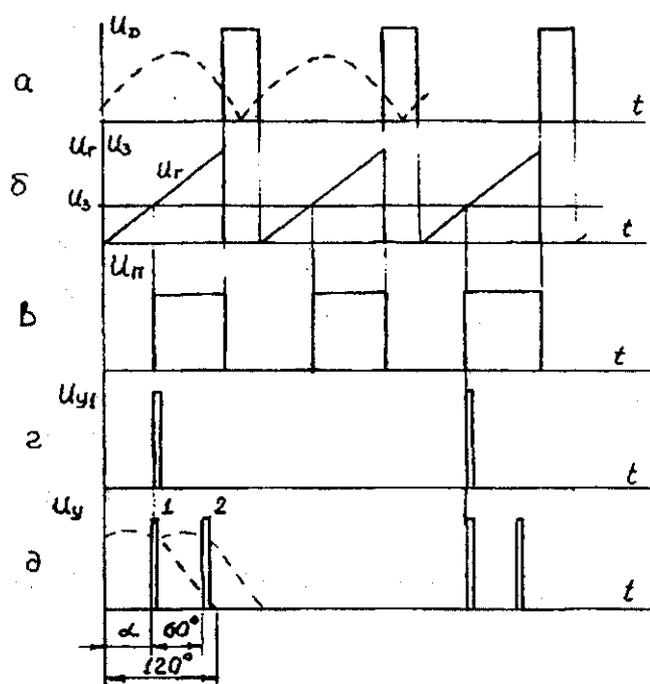


Рисунок 25 - Временные диаграммы работы формирователя импульсов

Соединяя импульсы соседних каналов в порядке чередования фаз трехфазного напряжения с помощью логических элементов схемы, на каждый тиристор через оптроны гальванической развязки подается пара импульсов, раздвинутых на 60 электрических градусов с периодом в 360 градусов (рисунок 25 д).

Для задания тока выпрямителя, плавного нарастания и спада дежурного тока при возбуждении дуги и заварке кратера соответственно, регулирования крутизны фронта импульса предназначен модулятор блока управления М. Схема модулятора построена на операционных усилителях и осуществляет взаимодействие других элементов блока управления.

Для усиления сигналов рассогласования между заданным и сигналом обратной связи с шунта RS и формирования внешних характеристик источника предназначен усилитель У блока управления. Задание значений тока сварки и дежурной дуги осуществляется в этом блоке цифро-аналоговым преобразователем на программных переключателях и резистивных матрицах (наборов резисторов) и передается в модулятор. Усиление сигнала рассогласования производится схемой на операционных усилителях.

Генератор импульсов ГИ служит для обеспечения импульсного режима работы выпрямителя. Генератор представляет собой делитель частоты с регулируемым коэффициентом деления, построенный на двоично-десятичных счетчиках в интегральном исполнении. Задающий генератор схемы работает с частотой сети и обеспечивает дискретность времени импульса и паузы в 0,02 с.

Передачу команд при работе источника и логические операции осуществляет субблок логики БЛ. Кроме схемы обеспечения всех этапов цикла сварки в субблоке находится устройство плавного нарастания и спада сварочного тока, работающее так же, как и аналогичное устройство для дежурного тока в модуляторе. Работа блока начинается после подачи команды «Пуск» и заканчивается после команды «Стоп» с окончанием времени заварки кратера и отключением пускателя К2.

2 МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Целью методической части дипломного проекта является разработка возможности использования результатов проектирования для переподготовки рабочих на предприятии. В разрабатываемом проекте производится внедрение электроннолучевой сварки в технологический процесс сварки изделия, что предполагает наличие особенностей в технологии сварки, замену оборудования, и подготовку рабочих-сварщиков для работы по данному виду сварки. В связи с этим целесообразно на предприятии планировать дополнительное обучение сварщиков, которое предполагает повышение их квалификации.

Для такого вида профессиональной подготовки необходимо разработать учебно-программную документацию, включающую учебный план, тематический план и план-конспект урока теоретического обучения.

При проектировании программы повышения квалификации для определения ее содержания целесообразно провести сравнительный анализ квалификационных характеристик рабочих по профессии «Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках 4-ого и 5 -ого разряда»

2.1 Задачи методической части дипломного проекта

Задачи методической части дипломного проекта:

- изучить и проанализировать квалификационную характеристику «Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках 4-ого и 5 -ого разряда»;
- составить учебный план для профессиональной подготовки персонала на электронно-лучевых сварочных установках;
- составить тематический план для профессиональной подготовки персонала на электронно-лучевых сварочных установках;

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

– разработать план - конспект занятия по предмету «Спецтехнология»;
Анализ квалификационных характеристик «Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках 4-ого и 5 -ого разряда»

Квалификационная характеристика – это государственный документ, в котором содержатся требования к профессионально – техническим знаниям и умениям, обеспечивающим определенный уровень квалификации по профессии. Квалификационные характеристики по профессиям содержатся в Едином тарифно – квалификационном справочнике работ и профессий рабочих (ЕТКС).

Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках 4-ого разряда.

Характеристика работ. Сварка в вертикальных и горизонтальных плоскостях, подвергающихся испытаниям, узлов и деталей различной сложности из легированных сталей, цветных металлов и сплавов. Сварка в вакууме электронным лучом стыковых швов узлов и деталей, сварка узлов, испытываемых на вакуумную плотность. Наладка сварных установок и установление режимов сварки в зависимости от марки и толщины свариваемых металлов, а также от типа соединений. Обслуживание откачного оборудования, выгрузка свариваемых изделий из камер. Смена внутреннего барабана с горизонтальной и вертикальной осью вращения или замена суппорта.

Должен знать: устройство сварочных установок, правила их наладки и регулирования; основные положения по эксплуатации высоковакуумной техники; электрические и кинематические схемы сварочных установок; требования, предъявляемые к сварным швам; способы контроля сварных швов; режимы сварки и их подбор; внутренние напряжения и деформации в свариваемых изделиях и меры их предупреждения; устройство и правила обслуживания вакуумных систем; назначение и применение основных контрольно-измерительных приборов; назначение и режимы откачки.

Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках 5-й разряда.

Характеристика работ. Сварка сложных деталей и узлов из химически активных и цветных металлов и сплавов в различных положениях. Сварка электронным лучом. Сварка изделий, работающих под давлением. Сварка вакуумно-плотных соединений при степени разряжения 26 мкПа (26 x 10⁻⁶ атм) и менее. Сварка металлов и сплавов в различных сочетаниях при толщине металла свыше 0,8 мм. Обслуживание многопозиционного оборудования при работе без наладчиков. Обслуживание установок с дифференциальной откачкой рабочей камеры и электронно-лучевой пушкой. Непрерывный контроль работы отдельных узлов оборудования, режимов откачки, системы охлаждения и контрольно-измерительной аппаратуры.

Должен знать: основные особенности и правила управления различными электронно-лучевыми сварочными установками; устройство контрольно-измерительных приборов для контроля режимов откачки, сварки и др.; способы регулирования режимов; способы испытания сварных швов; стандарты на сварные соединения шва; основы металловедения и сварки металлов.

Таблица 7 – Учебный план переподготовки рабочих по специальности «Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках»

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	2	3
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	100
1.1	Основы рыночной экономики и предпринимательства	8
1.2	Материаловедение	8
1.3	Электротехника	8
1.4	Чтение чертежей	6
1.5	Спецтехнология	70
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ	210
2.1	Вводное занятие	2
2.2	Подготовка металла к сварке	6

Окончание таблицы 7

1	2	3
2.3	Упражнения по сварке в вакууме электронным лучом швов, узлов, деталей в мастерских центра по обучению персонала	76
2.4	Работа на рабочем месте	112
2.5	Консультации	6
2.6	Квалификационная (пробная) работа	8
	Итого:	310

2.2 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Программа разрабатывается на основе Квалификационной характеристики.

Программы теоретического и практического обучения необходимо систематически дополнять учебным материалом о новых технологических процессах и оборудований, передовых методах труда и других достижениях, которые широко используются в отечественной и зарубежной практике производства, одновременно, исключая устаревшие сведения.

Темы, указанные в программах теоретического обучения, следует изучать в определенной последовательности, чтобы обеспечить связь изучаемого материала с практическими занятиями.

При переподготовке специалистов со средним специальным образованием по профессии, родственной их предыдущей специальности, предусматривается изучение теоретических вопросов спецтехнологии (спецпредметов), которые непосредственно относятся к практическому обучению. Тематический план представлен в таблице.

Таблица 8 – Учебная программа предмета «Спецтехнология»

№	Тема	Часы
1	2	3
1	Источники питания	6
2	Стандартное оборудование	6
3	Установки электронно-лучевой сварки	18

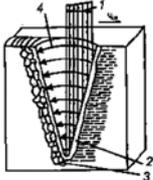
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Первичное закрепление нового материала 10 – 15 минут. Краткий опрос – беседа со слушателями.

Средства обучения – плакаты: «Электронно – лучевая сварка (сущность процесса)». Рисунки на доске.

Методы преподавания: словесные методы (объяснение), наглядные методы (демонстрация плакатов).

Таблица 10 - План – конспект урока по спецтехнологии на тему: «Особенности электронно – лучевой сварки»

Этапы урока, затраты времени.	Содержание учебного материала.	Описание методики осуществления учебной деятельности.
1	2	3
Организационная часть 3 – 5 мин.	Тема: «Особенности электронно – лучевой сварки». Цели: дать понятие о сущности электронно – лучевой сварки и выборе режимов сварки.	Приветствие преподавателя, проверка присутствующих по учебному журналу группы; тема урока, ее актуальность.
Сообщение нового материала 50 – 55 мин.	<p>Электронно-лучевая сварка</p> <p>Сущность процесса состоит в использовании кинетической энергии потока электронов, движущихся с высокими скоростями в вакууме. Для уменьшения потери кинетической энергии электронов за счет соударения с молекулами газов воздуха, а также для химической и тепловой защиты катода в электронной пушке создают вакуум порядка $10^{-4} \dots 10^{-6}$ мм рт. ст.</p> <p>Техника сварки</p> <p>При сварке электронным лучом проплавление имеет форму конуса (рисунок 1). Плавление металла происходит на передней стенке кратера, а расплавляемый металл перемещается по боковым стенкам к задней стенке, где он и кристаллизуется.</p>  <p>1 - электронный луч; 2 - передняя стенка кратера; 3 - зона кристаллизации; 4 - путь движения жидкого металла</p> <p><i>Рисунок 1. Схема переноса жидкого металла при электронно-лучевой сварке</i></p>	Методы обучения (по источнику знаний) – словесный, наглядный. Словесный – объяснение. Речь преподавателя в меру громкая, членораздельная, литературно и технически грамотная. Объяснение ведется, повернувшись к аудитории. В случае записи на доске и выполнение рисунков объяснение не вести. Наглядный – показ наглядных пособий (плакатов). Выполнение рисунка на доске. Плакаты демонстрировать по мере необходимости, по прохождению учебного материала. Плакаты вывешивать на доске повыше, чтобы их было видно с дальних парт. Для изображения на доске выполняет некоторые рисунки цветными мелками.

Проплавление при электронно-лучевой сварке обусловлено в основном давлением потока электронов, характером выделения теплоты в объеме твердого металла и реактивным давлением испаряющегося металла, вторичных и тепловых электронов и излучением. Возможна сварка непрерывным электронным лучом. Однако при сварке легкоиспаряющихся металлов (алюминия, магния и др.) эффективность электронного потока и количество выделяющейся в изделии теплоты уменьшаются вследствие потери энергии на ионизацию паров металлов. В этом случае целесообразно сварку вести импульсным электронным лучом с большой плотностью энергии и частотой импульсов 100 ... 500 Гц. В результате повышается глубина проплавления. При правильной установке соотношения времени паузы и импульса можно сваривать очень тонкие листы. Благодаря теплоотводу во время пауз уменьшается протяженность зоны термического влияния. Однако при этом возможно образование подрезов, которые могут быть устранены сваркой колеблющимся или расфокусированным лучом.

Основные параметры режима электронно-лучевой сварки (таблица 1):

- сила тока в луче;
- ускоряющее напряжение;
- скорость перемещения луча по поверхности изделия;
- продолжительность импульсов и пауз;
- точность фокусировки луча;
- степень вакуумизации.

Таблица 1 - Режимы электронно-лучевой сварки

Металл	Толщина, мм	Режим сварки			Ширина шва, мм
		ускоряющее напряжение, кВ	сила тока, мА	скорость сварки, м/ч	
Вольфрам	0,5	18...20	40...50	60	1,0
	1,0	20...22	75...80	50	1,5
Тантал	1,0	20...22	50	50	1,5
Сталь	1,5	18...20	50...60	60...70	2,0

Пользоваться указкой, повернувшись к классу вполоборота. Методика руководства конспектированием слушателей. Основные формулы и определения под запись. Эскизы схем, рисунков перенести в тетрадь. Остальной материал по усмотрению учащихся. Методика установления обратной связи с учащимися.

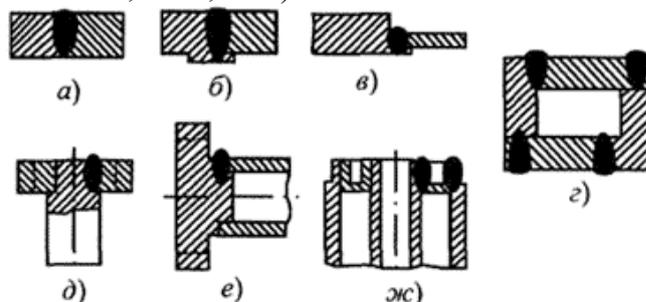
В процессе изложения материал используется диалоговая система общения между преподавателем и слушателям. Задаются короткие вопросы для диагностики понимания слушателями излагаемого материала. Желательно, чтобы отвечало как можно больше слушателей. Не страшно, если ответы будут не всегда правильными. Главное, чтобы в диалог было включено максимальное количество слушателей. Данная методика очень эффективна в подтверждении познавательного тонуса у слушателей.

Предъявляю таблицу «Режимы электронно – лучевой сварки» Объясняю отчего зависит выбор режима сварки

типа 18-8	20,0	20...22	270	50	7,0
	35,0	20...22	500	20	-
Моли бден + вольф рам	0,5 0,5	+ 18...20	45...50	35...50	1,0

Для перемещения луча по поверхности изделия используют перемещение изделия или самого луча с помощью отклоняющей системы. Отклоняющая система позволяет осуществлять колебания луча вдоль и поперек шва или по более сложной траектории. Низковольтные установки используют при сварке металла толщиной свыше 0,5 мм для получения швов с отношением глубины к ширине до 8:1. Высоковольтные установки применяют при сварке более толстого металла с отношением глубины к ширине шва до 25:1.

Основные типы сварных соединений, рекомендуемые для электронно-лучевой сварки, приведены на рисунке 2. Перед сваркой требуется точная сборка деталей (при толщине металла до 5 мм зазор не более 0,07 мм, при толщине до 20 мм зазор до 0,1 мм) и точное направление луча по оси стыка (отклонение не больше 0,2 ... 0,3 мм).



а - стыковое (может быть с бортиком для получения выпуклости шва); б - замковое; в - стыковое деталей разной толщины; г - угловые; д и е - стыковые при сварке шестерен; ж - стыковые с отбортовкой кромок

Рисунок 2 - Типы сварных соединений при сварке электронным лучом

При увеличенных зазорах (для предупреждения подрезов) требуется дополнительный металл в виде технологических буртиков или присадочной проволоки. В последнем случае появляется возможность металлургического

Объясняю как нужно поместить изделие, что по нему перемещался луч

Показываю плакат «Типы сварных соединений при сварке электронным лучом»

Объясняю, как влияет величина зазора на величину шва

воздействия на металл шва. Изменяя зазор и количество дополнительного металла, можно довести долю присадочного металла в шве до 50%.

Сварка электронным лучом имеет значительные преимущества:

Высокая концентрация ввода теплоты в изделие, которая выделяется не только на поверхности изделия, но и на некоторой глубине в объеме основного металла. Фокусировкой электронного луча можно получить пятно нагрева диаметром 0,0002 ... 5 мм, что позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от десятых долей миллиметра до 200 мм. В результате можно получить швы, в которых соотношение глубины провара к ширине до 20:1 и более. Появляется возможность сварки тугоплавких металлов (вольфрама, тантала и др.), керамики и т.д. Уменьшение протяженности зоны термического влияния снижает вероятность рекристаллизации основного металла в этой зоне.

Малое количество вводимой теплоты. Как правило, для получения равной глубины проплавления при электронно-лучевой сварке требуется вводить теплоты в 4 ... 5 раз меньше, чем при дуговой. В результате резко снижаются коробления изделия.

Отсутствие насыщения расплавленного и нагретого металла газами. Наоборот, в целом ряде случаев наблюдается дегазация металла шва и повышение его пластических свойств. В результате достигается высокое качество сварных соединений на химически активных металлах и сплавах, таких как ниобий, цирконий, титан, молибден и др. Хорошее качество электронно-лучевой сварки достигается также на низкоуглеродистых, коррозионно-стойких сталях, меди и медных, никелевых, алюминиевых сплавах.

Недостатки электронно-лучевой сварки:

Возможность образования несплавлений и полостей в корне шва на металлах с большой теплопроводностью и швах с большим отношением глубины к ширине;

Для создания вакуума в рабочей камере после

Рассказываю о преимуществах сварки электронным лучом

Рассказываю о недостатках электронно – лучевой сварки

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- составили учебный план для профессиональной подготовки персонала на электронно-лучевых сварочных установках;
- составили тематический план для профессиональной подготовки персонала на электронно-лучевых сварочных установках;
- разработали план – конспект урока;
- разработаны средства обучения для выбранного занятия.

Все эти разделы могут быть использованы для разработки учебных и тематических планов и планов уроков с подбором средств обучения для переподготовки рабочих по профессии «Сварщик (Сварщик на электронно-лучевых сварочных установках)» профессиональных образовательных учреждениях, учебных заведениях, подразделениях предприятий, учреждений и фирм, имеющих право ведения указанной деятельности в рамках, установленных действующим законодательством.

3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Клапанный (мембранный) узел собирается из 4-х деталей: опоры, затвора, мембраны и кольца.

Исходя из того, что мы не изготавливаем детали, а только лишь занимаемся лишь их сборкой и сваркой, то нам приходится их закупать.

В процессе изготовления изделия мы применяем 2 вида сварки: электронно-лучевую (сварка между собой деталей 2, 3, 4) и аргодуговую (сварка между собой деталей 1 и 2).

3.1 Исходные данные

Годовой объем изготавливаемых деталей составляет 500 штук. Затраты, связанные с процессом изготовления:

- затраты на материалы;
- заработная плата;
- затраты на амортизацию;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на ремонт и техническое обслуживание;
- прочие цеховые затраты.

Стоимость одного комплекта деталей для изготовления узла составляет 1500 р.

Время изготовления одного узла с учетом времени, затрачиваемым на обезжиривание и сушку, составляет 4 часа.

Стоимость аргона - 1050 рублей за баллон. -(0,175 рубля за литр газа).

Стоимость электроэнергии - 1,25 р/кВт.

Стоимость электродного материала - 3000 р/м.

Стоимость оборудования:

установка электронно-лучевой сварки ОЗЛЭВ-80 - 330000 р.;

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

- вращатель для аргонодуговой сварки с головкой - 15000 р.;
- источник питания ВСВУ-80 - 12000 р.;
- оборудование для промывки и сушки деталей - 25000 р.

3.2 Расчет экономического эффекта

Экономический эффект - это разность между стоимостью готового сваренного узла и приобретенного комплекта деталей в сумме с затратами на изготовление и подсчитываемая по формуле

$$\text{Э} = \text{С}_{\text{из}} - (\text{С}_{\text{д}} + \text{С}_{\text{з}}) [\text{р}] \quad (3.1)$$

Затраты на сварку складываются из затрат на материалы, процесс сварки и обслуживание оборудования, и рассчитывается по формуле:

$$\text{С}_{\text{з}} = \text{С}_{\text{м}} + \text{С}_{\text{тех}} [\text{р}] \quad (3.2)$$

где $\text{С}_{\text{м}}$ - стоимость основных и вспомогательных материалов,
 $\text{С}_{\text{тех}}$ - технологическая себестоимость.

Согласно технологии, в затраты на материалы входят затраты на вольфрамовый электрод и защитный газ - аргон.

$$\text{С}_{\text{м}} = \text{С}_{\text{вэ}} + \text{С}_{\text{зг}} [\text{р}] \quad (3.3)$$

Затраты на электроды рассчитываются по формуле:

$$\text{С}_{\text{зэ}} = \text{Р}_{\text{э}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} \cdot \text{L}_{\text{ш}} [\text{р}] \quad (3.4)$$

где $\text{Р}_{\text{э}}$ - расход электрода [мм/м],

Цэ - цена электродного материала [р],

Лш - длина шва [м].

В качестве электродного материала применяется ВЛ (вольфрам с добавками лантана), из которого изготавливают электрод, который в процессе сварки расходуется. Расход электрода на одно изделие определим по формуле:

$$P_{\text{э}} = D_{\text{и}} * \pi * P_{\text{н}} \text{ [р]} \quad (3.5)$$

где $D_{\text{и}}$ - диаметр кольцевого шва ($D_{\text{и}} = 0,0595 \text{ м}$),

$\pi = 3,14$,

$P_{\text{н}}$ - нормированный расход электрода [мм/м] ($P_{\text{н}} = 5 \text{ мм/м}$)

$$P_{\text{э}} = 0,0595 * 3,14 * 5 = 0,93 \text{ мм/изд.}$$

Исходя из того, что электрод стоит 3 р/мм (см. выше), то найдем затраты на электрод на одно изделие

$$C_{\text{зэ}} = 0,93 * 3 = 2,79 \text{ р.}$$

Затраты на защитный газ вычисляются по формуле:

$$C_{\text{зг}} = P_{\text{зг}} * t_{\text{св}} * C_{\text{зг}} \text{ [р]}, \quad (3.6)$$

где $P_{\text{зг}}$ - расход защитного газа ($P_{\text{зг}} = 12 \text{ л/мин.}$);

$t_{\text{св}}$ - время сварки ($t_{\text{св}} = 160 \text{ с}$ или $2,67 \text{ мин.}$);

$C_{\text{зг}}$ - стоимость защитного газа ($C_{\text{зг}} = 0,175 \text{ р/л}$ (см. выше)), отсюда находим затраты $C_{\text{зг}} = 12 * 2,67 * 0,175 = 5,6 \text{ р/изд.}$

Расчет затрат на расходуемый материал находим по формуле (3.3):

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

$$C_m = 2,79 + 5,6 = 8,39 \text{ р/изд.}$$

Расчет технологической себестоимости будет проведен для процесса сварки и промывки изделия. Зарботная плата производственных рабочих с отчислениями и премиями начисляется по следующей формуле:

$$C_3 = C_n \cdot T_{шт} \cdot K_{пр} \cdot K_{доп} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [p] \quad (3.7)$$

где C_n - часовая тарифная ставка [p] ($C_n = 20$ р/ч) рабочего шестого разряда по данным ПО Полет;

$T_{шт}$ - рабочее время, затрачиваемое на изготовление одного изделия ($T_{шт} = 4$ ч);

$K_{пр}$ - коэффициент приработки рабочего ($K_{пр} = 1,3$);

K_1 - коэффициент обслуживания рабочего места ($K_1 = 1,2$);

K_2 - коэффициент типа производства (для вредного производства $K_2 = 1,3$);

$K_{доп}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ($K_{доп} = 1,1$)

Зарботная плата за одно изготовленное изделие:

$$C_3 = 20 \cdot 4 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 235,05 \text{ р/изд.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{соц} = C_3 \cdot K_{соц} \quad (3.8)$$

где $K_{соц}$ - коэффициент, учитывающий выплаты на социальные нужды ($K_{соц} = 0,3$).

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$\text{Осц} = 235,05 \cdot 0,3 = 70,52 \text{ р/изд}$$

Затраты на амортизацию

Затраты на амортизацию оборудования вычисляются по формуле:

$$C_a = \frac{K_{об} H_a T_i}{100 T_d} \quad (3.9)$$

где $K_{об}$ - балансовая стоимость оборудования [р];

H_a - норма амортизационных отчислений [%] ($H_a = 10 \%$, при условии нормативного срока службы 10 лет);

T_i - норма времени на выполнение i -ой операции, час;

T_d - действительный фонд времени работы оборудования, при работе в одну смену с условиями загрузки его другими работами [л]. Действительный эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле:

$$T_d = [(D_k - D_{нер}) t_{см} - D_{сокp} t_{сокp}] S \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \quad (3.10)$$

где α - плановый процент потерь времени работы оборудования на его ремонт, обслуживание;

D_k - количество календарных дней ($D_k = 365$),

$D_{нер}$ - количество нерабочих, праздничных и выходных дней в плановом году ($D_{нер} = 115$),

S - число смен ($S = 1$);

$t_{сокp}$ - количество часов на которые сокращены указанные дни ($t_{сокp} = 4$ ч), $t_{см}$ - продолжительность смены ($t_{см} = 8$ ч),

$D_{сокp}$ - количество сокращенных рабочих дней в году ($D_{сокp} = 8$) [10].

$$T_d = [(365-115) \cdot 8 - 8 \cdot 4 \cdot (1 - \frac{5}{100})] = 1977,2 \text{ ч}$$

Затраты на амортизацию установки ОЗЛЭВ-80 за время сварки одного изделия:

$$C_{aэл} = \frac{330000 \cdot 10 \cdot 2}{100 \cdot 1977,2} = 33,38 \text{ р/изд}$$

Затраты на амортизацию аргонодуговой установки:

$$C_{aар} = \frac{(15000 + 12000)10 \cdot 0,5}{100 \cdot 1977,2} = 0,68 \text{ р/изд}$$

Затраты на амортизацию оборудования для промывки и сушки деталей:

$$C_{aпр} = \frac{25000 \cdot 10 \cdot 1,5}{100 \cdot 1977,2} = 1,9 \text{ р/изд}$$

Общие затраты на амортизацию

$$C_{aобщ} = 33,38 + 0,68 + 1,9 = 35,96 \text{ р/изд.}$$

Затраты на электроэнергию для технологических целей Затраты на электроэнергию при сварке изделия, приходятся на: сушку деталей, откачку воздуха из камеры, электронно-лучевую сварку, аргонодуговую сварку и рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = (t_c \cdot N_c + t_{ок} \cdot N_{ок} + t_{эл} \cdot N_{эл} + t_{ac} \cdot N_{ac}) \cdot C_{э} \text{ [р]}, \quad (3.10)$$

где t_c, N_c - время сушки [ч] и мощность печи [кВт];
 $t_{ок}, N_{ок}$ - время откачки камеры [ч] и мощность форвакуумного насоса [кВт];
 $t_{эл}, N_{эл}$ - время ЭЛС [ч] и мощность электронной пушки [кВт];
 $t_{ас}, N_{ас}$ - время аргодуговой сварки [ч] и мощность установки [кВт];
 $Цэ$ - стоимость одного кВт/ч [р].

$$C_{эл} = (1,5 \cdot 3 + 1,75 \cdot 6,5 + 0,2 \cdot 2 + 0,5 \cdot 1,5) \cdot 1,25 = 21,28 \text{ р.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание

При расчете затрат на текущий ремонт, они могут быть определены исходя из того, что эти затраты за год составят 5% от стоимости оборудования.

$$C_p = \frac{5K_{ia} T_i}{100 \cdot T_{ia}} \quad (3.11)$$

Затраты на ремонт и обслуживание установки ОЗЛЭВ-80 за время сварки одного изделия:

$$C_{pэл} = \frac{330000 \cdot 5 \cdot 2}{100 \cdot 1675,8} = 19,7 \text{ р}$$

Затраты на ремонт и обслуживание аргодуговой установки:

$$C_{pар} = \frac{(15000 + 12000) \cdot 5 \cdot 0,5}{100 \cdot 1675,8} = 0,2 \text{ р}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Затраты на ремонт и обслуживание оборудования для промывки и сушки деталей:

$$C_{\text{рпр}} = \frac{25000 \cdot 5 \cdot 1,5}{100 \cdot 1675,8} = 1,12 \text{ р}$$

Общие затраты ремонт и обслуживание

$$\text{Сробщ} = 19,7 + 0,2 + 1,12 = 21,02 \text{ р.}$$

Расходы на прочие цеховые затраты

Эти расходы включают в себя затраты, которые не могут быть рассчитаны прямым путем. Величину этих расходов ориентировочно определяют пропорционально заработной плате производственных рабочих за один процесс:

$$\text{Спроч} = \text{Сн} \cdot \text{Тi} \cdot \text{Кпр} \cdot \text{Кдоп} \cdot \text{Кпц} [\text{р}] \quad (3.12)$$

где Кпц - коэффициент, учитывающий прочие цеховые расходы (Кпц = 1,05),

Сн - часовая тарифная ставка [р],

Тi - продолжительность изготовления одного изделия [ч],

Кпр - коэффициент приработки рабочего (Кпр = 1,3),

Кдоп - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (Кдоп = 1,1).

$$\text{Спроч} = 20 \cdot 4 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 120,12 \text{ р.}$$

Далее рассчитываем затраты на общезаводские расходы, эти затраты рассчитываются по формуле:

$$C_{об} = C_n \cdot T_i \cdot K_{пр} \cdot K_{общ.цех} \quad (3.13)$$

где $K_{общ.цех}$ - коэффициент, учитывающий общезаводские расходы ($K_{общ.цех} = 1,4$).

$$C_{об} = 20 \cdot 4 \cdot 1,3 \cdot 1,4 = 145,6 \text{ р.}$$

Далее рассчитаем технологическую себестоимость изделия $C_{ц}$:

$$C_{ц} = 8,39 + 249,85 + 35,96 + 21,28 + 21,02 + 120,12 + 145,6 = 602,22 \text{ р.}$$

Таблица 11 - Основные затраты, связанные со сваркой мембранного узла

Затраты на одно изделие	Сумма руб.	%
На материалы	8,39	1,38
На заработную плату	249,85	41,5
На амортизацию	35,96	5,97
На электроэнергию установки для технологических целей	21,28	3,53
На ремонт и обслуживание	21,02	3,49
На прочие цеховые расходы	120,12	19,95
На общезаводские расходы	145,6	24,18
Общая сумма затрат	602,22	100%

Затраты на сварку деталей за один год

Цеховая себестоимость изготовления годовой партии деталей рассчитываются по формуле:

$$C_r = C_{ц} \cdot (DK - D_{нер}) \cdot n \text{ [р]} \quad (3.14)$$

где N - количество дней в году;

$N_{НР}$ - количество нерабочих дней в году;

n - количество сваренных узлов за 1 смену ($n = 2$);

$C_{ц}$ - затраты на сварку одного изделия [р].

$$C_{цг} = 602,22 \cdot (365 - 115) \cdot 2 = 301110 \text{ р.}$$

Экономический эффект за один год

Расчет экономического эффекта за 1 год включает в себя расчет прибыли от изготовления мембранного узла и рассчитывается:

$$П = Ц_{из} \cdot S - (C_{г} + C_{д} \cdot S),$$

(3.15)

где $Ц_{из}$ - цена готового изделия (по данным ПО Полет $Ц_{из} = 5000$ р);

$C_{д}$ - стоимость комплекта деталей [р];

S - годовой объем свариваемых изделий (500 шт);

$$П = 5000 \cdot 500 - (301110 + 1500 \cdot 500) = 1448890 \text{ р.}$$

Чистая прибыль рассчитывается по формуле:

$$П_{ч} = П \cdot (1 - Н) \tag{3.16}$$

где $Н$ - налог 13 %

$$П_{ч} = 1448890 \cdot 0,87 = 1260534,3 \text{ р.}$$

Годовая эффективность:

$$Э_{год} = П_{ч} - E_{н} \cdot K_{об}; \tag{3.17}$$

где $K_{об}$ - капитальные вложения при организации сварочного производства [р];

E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$K_{об} = \sum K_{об_i}; \quad (3.18)$$

$$K_{об_i} = C_{об} \cdot k_{Т-М};$$

$C_{об}$ - цена единицы оборудования, [р].;

$k_{Т-М}$ - коэффициент учитывающий транспортно-заготовительные расходы, с затратами на приобретение оборудования и монтаж.

$$K_{об} = 330000 \cdot 1,12 + 27000 \cdot 1,12 + 25000 \cdot 1,12 = 427840р.$$

$$Э_{год} = 1260534,3 - (0,15 \cdot 427840) = 1196358,3 р.$$

Таблица 12 – Таблица технико-экономических показателей

Показатели	Единицы измерения	Величина
Годовая программа	шт	500
Стоимость комплекта деталей на изделие	руб.	1500
Отпускная цена изделия	руб.	5000
Капитальные вложения	руб.	382000
Технологическая себестоимость	руб.	301110
Экономический эффект	руб.	1448890
Чистая прибыль	руб.	1260534
Годовая эффективность	руб.	1196358
Срок окупаемости	руб.	0,32

4 Безопасность и экологичность проекта

4.1 Безопасность труда

В современном промышленном производстве России тема сохранения работоспособности и здоровья работающих чрезвычайно актуальна. При проектировании новых технологических процессов необходимо планировать мероприятия по обеспечению безопасности и охраны труда работающих в соответствии с нормативными документами.

В настоящем технологическом процессе к источникам вредных факторов производства можно отнести источник питания ВСВУ, сварочный аппарат и электроаппаратуру обеспечения процесса сварки. Сам процесс автоматической сварки в инертных газах отличается тем, что ядовитых и опасных для здоровья работающих газов практически не выделяется.

Свариваются сплав ХН67ВМТЮ и сталь 36НХТЮ с использованием присадочной проволоки св-06Х25Н12ТЮ в среде защитного газа аргона.

4.1.1 Условия труда

При выполнении сварочных работ на производстве, рабочие подвергаются воздействию многочисленных вредных и опасных факторов производства, которые могут привести к получению травм, а также возникновению профессиональных заболеваний.

В частности:

- перемещающиеся части оборудования могут привести к механическому травмированию;
- опасность возникновения пожара и взрыва;

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

- тепловое излучение;
- опасность поражения работающего электрическим током, переменными магнитными или высокочастотными электромагнитными полями;
- различные вредные вещества, вредные газы, пары и пыль;
- вредные шумы и вибрации;
- запыленность воздуха рабочей зоны, высокая температура в помещении.

Руководствуясь выше перечисленным, на предприятии необходимо проводить комплекс профилактических и контрольных мероприятий по снижению вредных факторов производства и защите от них работающих.

Оценку степени риска получения травм производят по формуле:

$$R = \frac{C_n}{N_p} \quad (4.1)$$

где C_n - число травмированных на производстве за год;

N_p - общее число работающих в сфере производства.

$$R = \frac{30}{1030} = 2,9 \cdot 10^{-2}.$$

Воздух рабочей зоны

В процессе сварки (наплавки), в результате протекания химических реакций в сварочной ванне, флюсе, выделяется значительное количество вредных для здоровья человек аэрозолей, токсичных газов, таких как оксиды азота, углерода, кремния и других соединений элементов, входящих в основной металл, сварочную проволоку, флюс.

Допускаемые предельные концентрации в воздухе рабочей зоны согласно ГН 2.2.5.1313-03 [18], мг/м³:

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

- железо и его соединения 6,0;
- марганец и его соединения 2,0;
- кремний и его соединения 1,0;
- медь и ее соединения 0,5;
- оксид углерода 20,0;

Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг/м³ не допускается. Но при содержании кварца в пыли более 10%, допустимая концентрация нетоксичной пыли уменьшается до 2 мг/м³.

Для удаления токсичных газов и пыли из воздуха рабочей зоны и поддержания микроклимата используется общая механическая приточно-вытяжная вентиляция, а также естественная организованная вентиляция – аэрация; местная вытяжная вентиляция используется для удаления вредных веществ непосредственно из зоны сварки.

Общая вентиляция и центральное водяное отопление обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 [20] (категория тяжести работ 2б):

- интервал температур воздуха
- в холодный период года от 17 до 19 °С;
- в теплый период года от 20 до 22 °С;
- относительную влажность воздуха от 40 до 60 %;
- скорость движения холодного воздуха 0,2 м/с;
- скорость движения тёплого воздуха 0,5 м/с.

Защита от теплового действия дуги

Процесс сварки сопровождается выделением большого количества теплоты и возможным разбрызгиванием капель расплавленного металла, шлака.

Тепловое излучение не должно превышать 100 Вт/м² согласно ГОСТ 12.1.005-2008* [21].

Для защиты от теплового действия работающих предусмотрены следующие меры: специальная одежда, включающая в себя брезентовые брюки, куртки, рукавицы и сварочная маска с защитным светофильтром С-6 или С-7 [19], а также кожаную обувь на толстой подошве.

Производственное освещение

В светлое время суток при недостаточном естественном освещении либо в темное время суток проектом предусмотрено дополнительно искусственное освещение электрическими лампами.

Выполняются работы средней точности, фон средний, контраст средний.

Проектом предусмотрено рабочее освещение, разряд зрительных работ четвертый, КЕО=2,4%, нормируемое значение освещенности установлено 400 люкс согласно СНиП 23.05-95* [12].

Естественное освещение осуществляется через оконные проемы. На рабочем месте используют светильники местного освещения.

Аварийное освещение имеет независимый источник питания и включается автоматически.

Предусмотрено эвакуационное освещение.

Расчёт искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока

Световой поток лампы $\Phi_{л}$ (лм) при лампах накаливания или световой поток группы ламп светильника при люминесцентных лампах рассчитывают по формуле

$$\Phi_{л} = \frac{E_{н} \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (4.2)$$

<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

где E_n - нормированная минимальная освещённость, лк; S - площадь освещаемого помещения, m^2 ; z - коэффициент минимальной освещённости, равный отношению $E_{cp}/E_{мин}$, значения которого для ламп накаливания и ДРЛ - 1,15, для люминесцентных - 1,1; k - коэффициент запаса; N - число светильников в помещении; η - коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от КПД и кривой распределения силы света светильника, коэффициента отражения потолка ρ_n и ρ_c , высоты подвеса светильников и показателя помещения i .

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (4.3)$$

где A и B - два характерных размера помещения;

H_p - высота светильников над рабочей поверхностью.

$$i = \frac{22 \cdot 18}{15 \cdot (22 + 18)} = 0,66$$

Выбираем светильник ВЗГ - 200 с отражателем. Тогда коэффициент использования светового потока от ламп при $\rho_n = 30\%$ и $\rho_c = 10\%$ составляет 16.

$$\Phi_d = \frac{2000 \cdot 396 \cdot 1,15 \cdot 1,8}{20 \cdot 16} = 5123,3 \text{ лм}$$

Выбираем люминесцентные лампы типа ЛБ80 со световым потоком 5220 лм.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Мероприятия по снижению уровня шума

Источниками шума в настоящем проекте являются движущие части установки, наплавочного аппарата, система вентиляции и источник питания сварочной дуги.

В техническом паспорте источника питания ВСВУ значение уровня шума работающего аппарата составит 90 дБА.

Нормируемое значение шума 80дБА по СН 2.2.4\2.1.8.562-96 [16].

Для снижения уровня шума проектом предусмотрено ограждение источника питания сварочной дуги от сварочного стола экраном из шумопоглощающего материала и размещение источника за установкой для сварки, а также размещение двигателя вентиляционной системы за пределами участка работы.

Остальные источники шума являются кратковременными и не требуют специальных технологических мер.

Мероприятия по снижению вибрации

Источниками вибрации на постах сварки являются движущиеся части и электроприводы сварочного аппарата и установки, источник питания сварочной дуги и система вентиляции.

Нормируемое значение уровня вибрации согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [16] для категории вибрации 3 типа “а” соответствует 92 дБ - общая, 109 дБ – локальная вибрация. В техническом паспорте источника питания ВСВУ указан уровень вибрации 61 - 72 дБ, который зависит от режима работы. Указанный уровень вибраций не превышает допустимых значений и не требует дополнительных защитных мероприятий.

В проекте для снижения вибрации планируется вынесение электродвигателя системы вентиляции за пределы сварочного участка и установку вентилятора на виброизолирующие опоры.

Показатели условий труда в рабочей зоне приведены в таблице 13.

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

Для защиты рабочих и обслуживающего персонала от механического травмирования движущиеся части оборудования закрыты защитными кожухами, а при невозможности их установки ограждаются специальными ограждениями; на перемещающемся оборудовании устанавливаются конечные выключатели, блокировки [15].

Электробезопасность

Помещения, предназначенные для сварки (наплавки) относятся к особо опасным с позиции поражения электрическим током [22].

Напряжение питающей сети шкафа управления аппаратом и привода сварочной установки составляет 380 В.

Для предотвращения поражения электрическим током проектом предусмотрено:

- корпуса и другие металлические части электрооборудования заземлены, с помощью соединения металлических частей с “землей”. Сопротивление заземления в электроустановках напряжением 380 В должно быть не более 4 Ом согласно ГОСТ 12.1.030-2001* [13];

- защитное зануление;
- блокировка, с помощью которой автоматически снимается напряжение (отключается питание) с токоведущих частей установки без предварительного отключения питания;
- недоступность токоведущих частей;
- малое напряжение в цепях управления;
- разделение цепей.

Источник питания ВСВУ запитывается при включении автоматического выключателя QF1; цепь управления установки для сборки и сварки запитывается QF2; цепь управления и исполнительные элементы аппаратов А-1416 запитывается QF3.

Пожарная безопасность

Степень огнестойкости здания – 3 согласно СНиП 21-01-97 [20], по взрывопожароопасности цех относят к категории Г согласно ППБ 105-03 [20], ГОСТ 12.1.004-91 [11].

Пожар может возникнуть от воспламенения находящихся вблизи места сварки горючих и легковоспламеняющихся материалов от теплового воздействия металла, а также вследствие неисправного электрооборудования.

Проектом предусмотрены средства пожаротушения, размещенные на участке: огнетушители ОХП-10, ОУ-5, ящики с песком, пожарный щит, огнеупорное полотно. Ящики с песком имеют вместимость 1 м³ и укомплектованы совковой лопатой. Щит укомплектован лопатами, топорами баграми [14].

Согласно СНиП 2.01.02-85 [15] ширина путей и высота дверей не менее, соответственно одного и двух метров. Двери на путях эвакуации открываются по направлению выхода из здания.

В проекте: длина цеха 22 метров, ширина 18 метров, количество эвакуационных выходов – 2, максимальное удаление до выхода 11,6 метров.

4.2. Безопасность при Чрезвычайных ситуациях

К чрезвычайным обстоятельствам может привести совокупность исключительных обстоятельств, вызванных чрезвычайным событием природного, техногенного или антропогенного характера.

К природным факторам относят землетрясения, обильные выпадения осадков, аномальная температура или ее резкое изменение.

Предприятие расположено в области неопределенной сейсмичности, умеренных климатических условиях.

Антропогенными факторами являются различные обрушения зданий, сооружений, конструкций, созданных человеком.

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Техногенными факторами могут стать самовозгорание или взрыв различных веществ и газов при их утечке, прорывы трубопроводов, обрывы линий электропередачи и т.д.

Из возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих на предприятии, а также территории завода, чаще всего происходит пожар.

Пожарная профилактика на заводе проводится по следующим направлениям:

- защита строительных конструкций от разрушения и обеспечение их достаточной прочности в условиях воздействия высоких температур при пожаре;

- предъявляются особые требования к устройству и размещению кабельных путей;

- разработана противодымовая система здания, направленная на незадымляемость эвакуационных путей, отдельных помещений и удаление продуктов горения;

- на территории предприятия, в цехах и других производственных и бытовых зданиях и помещениях размещены различные средства пожаротушения (огнетушители, ящики с песком, емкости с водой, пожарные щиты);

- организована внутренняя пожарная служба;

- разработаны правила поведения работников при пожаре;

- разработан план эвакуации.

Действия обслуживающего персонала и администрации при пожаре:

- сообщить мастеру или начальнику цеха, чтобы он сообщил в пожарную часть;

- сообщить руководству, чтобы оно оповестило рабочих о пожаре через звуковую сигнализацию;

- при небольшом пожаре необходимо начать тушение подручными средствами или локализацию очага возгорания;
 - при большом пожаре и сильной задымленности помещений руководство должно организовать эвакуацию людей;
 - обесточить все оборудование в цехе и вокруг него;
- обеспечить встречу пожарных машин и свободный проезд их к очагу возгорания.

Резюме

Внедрение на предприятие представленной технологии возможно, поскольку в проекте предусмотрено выполнение нормы по обеспечению безопасности труда. Условия труда и безопасность при выполнении работ при реализации проекта улучшатся.

4.4 Экологичность проекта

При наплавке, сварке и других, связанных с ними технологических операциях в атмосферу выбрасываются различные газы, пыль и другие вредные вещества, нарушающие экологию. Во избежание загрязнения окружающей среды применяются меры по снижению содержания вредных примесей в выбросах предприятия, такие как применение «чистых» технологических процессов, фильтрация вредных веществ, их переработка и нейтрализация.

В данном проекте разработана технология автоматической сварки в среде инертного газа аргона взамен ручной дуговой сварки (РДС) неплавящимся электродом, что позволит облегчить условия работы сварщиков, увеличит производительность труда и уменьшит вредное воздействие производства на окружающую среду.

Замена РДС неплавящимся электродом в среде аргона не автоматическую сварку приведет к снижению содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и уменьшит общий объем выделяемых вредных веществ за счет уменьшения времени сварки. Соотношение концентрации вредных веществ в сравнении с предельно допустимыми в атмосфере участка представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Содержание вредных веществ в воздушной среде участка и в атмосфере (ГОСТ 12.1.005 - 88, СН 245 - 71)

Наименование веществ	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	ПДК в атмосферном воздухе, мг/м ³	Фактическая концентрация	
			В базовом варианте, мг/м ³	В проектируемом варианте, мг/м ³
Оксид железа	0,5	0,1	0,7	0,07
Оксиды углерода СО	20,0	3,0	1,0	0,78
Пыль неорганическая	0,2	0,15	0,05	0,01

Реализация проекта по замене способа сварки приведет к ряду изменений, которые положительно скажутся на экологической ситуации прилегающих к предприятию районов и на общей экологической ситуации в стране.

4.4.1 Результаты применения предложенной технологии сварки с точки зрения экологичности проекта

Снижение расхода сварочной проволоки

Анализ показателей технологического процесса автоматической сварки свидетельствует о снижении расхода одного из видов исходного сырья – сварочной проволоки. При ручной дуговой сварке неплавящимся электродом присутствует расход присадочной проволоки в результате накопления огарков электродов: около 10% от общей массы проволоки. При автоматической сварке огарки практически отсутствуют. Расход сварочных материалов приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расход основного металла и сварочных материалов на годовое производство продукции

Марка проволоки	Проектируемый вариант		Базовый вариант	
	Количество	Ед. изм.	Количество	Ед. изм.
Св08ХН67МВ	84,71	кг/год	93,36	кг/год

Экономия электроэнергии

Экономия электроэнергии при переходе на автоматическую сварку, при таком же выходе готовой продукции, составит 111 кВт в год. Экономия электроэнергии происходит за счет более высокого КПД процесса автоматической сварки по сравнению с ручной дуговой сваркой. Кроме того, необходимо учитывать тепло рекуперированное системой местной очистки: теплый воздух, проходя сквозь систему очистки, возвращается в помещение, а не выбрасывается наружу.

Утилизация отходов

В качестве отходов при организации автоматической сварки в защитном газе следует рассматривать обрезки проволоки, образующиеся в момент смены кассет с проволокой.

Обрезки проволоки, образующиеся при сварке, собираются и по мере их накопления сдаются в металлолом.

Учет, сбор, хранение и транспортировку к месту захоронения прочих твердых промышленных отходов (обтирочный материал, фильтры из нетканого материала), не вовлекаемых в производство и не отгружаемых на сторону производится в соответствии с требованиями стандарта предприятия СТП 02.223 - 11. Утилизация выполняется по договорам заключенным с соответствующими предприятиями.

<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

Повышение качества сварного соединения

По данным ОТК, процент брака при использовании автоматической сварки уменьшается почти в 10 раз, что экономит электроэнергию и материалы на исправление брака.

Уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу

Сварка в среде инертного газа является наиболее «чистой» из всех применяемых дуговых процессов сварки. Автоматическая сварка отличается наименьшей величиной выбросов, поэтому на участке используется система замкнутой местной вытяжной вентиляции. Она используется для улавливания и удаления вредных веществ непосредственно у источников их образования при сварке. Современные системы улавливают до 99% вредных пылевидных выбросов, что позволяет резко улучшить условия труда сварщиков и сократить количество воздуха, подаваемого в помещение общеобменной системой вентиляции и требующего подогрева при работе в холодное время года.

При автоматической сварке клапанного узла целесообразно применение конструкции подвесных поворотных зондов всасывания. Зонд устанавливается непосредственно у зоны сварки. Минимальное количество выбросов сварочных аэрозолей и технологические особенности сварки в защитном газе накладывают ограничение на кратность обмена воздуха на рабочем месте, что необходимо учитывать при выборе фильтровентиляционной установки.

Для организации местной вентиляции предлагается использовать систему фирмы СовПлим, которая очищает воздух рабочей зоны электростатическим фильтром и фильтром из нетканого материала. Вентиляционная система PLIMM-20ARC-I отличается меньшей производительностью и очень высоким качеством очистки воздуха: пыль и аэрозоли улавливаются на 99%, кроме того, установка укомплектована

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе рассмотрены вопросы технологии аргодуговой и электроннолучевой сварки запорного узла. Выполнен анализ применяемой технологии, рассмотрены применяемые стали и сплавы. Рассмотрены основные способы сварки аустенитных сплавов. Разработана технология сварки узла. Скомпонованы и подобно рассмотрены установки для автоматической электронно-лучевой и аргодуговой видов сварки. Разработано универсальное приспособление для контроля изделия на плотность и прочность. Рассмотрена термическая обработка изделия после сварки.

В работе выполнено технико-экономическое обоснование проекта. В методическом разделе проекта разработан учебный план повышения квалификации сварщиков, учебная программа по предметам Спецтехнология и Производственное обучение. Разработан план-конспект занятия на тему «Особенности электроннолучевой сварки».

В проекте так же рассмотрены вопросы безопасности и экологичности в контексте предлагаемой технологии.

В графической части работы выполнены чертежи изделия, установок электронно-лучевой и аргодуговой сварки, чертеж приспособления для контроля плотности и прочности, технологические листы, лист технико-экономических показателей и плакат для методического раздела проекта.

Цели дипломного проектирования достигнуты.

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т.Т.1 /В.И. Анурьев, Т. С. Грачева, Л. П. Рыжова.-5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. – 728 с.
- 2 Степанов, В.В. Справочник сварщика / под ред. В.В.Степанова. - Изд. 3-е, доп. - М.: Машиностроение, 1994. – 520 с.
- 3 Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / А.С. Зубченко, Б.Г. Нефедьев. - 2-е издание доп. и испр. - М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 4 Сварка в машиностроении: справочное пособие в 4-х т. Т.1 / Г. А. Николаев [и др.]; под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – 504 с.
- 5 Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т.1. Свариваемость материалов. Справ. изд. / под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 258 с.
- 6 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П.Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
- 7 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский. – 2 – е изд. доп и испр. - М.: Машиностроение, 2002. – 240 с.
- 8 Конищев, Б.П. Сварочные материалы для дуговой сварки: Справочное пособие: В 2-х т. Т.1. Защитные газы и сварочные флюсы/ Б.П.Конищев, С.А. Курланов [и др.].- Под общ. ред. Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1989. 544 с.
- 9 Королев, Н.В. Расчеты тепловых процессов при сварке, наплавке и термической резке: Учебное пособие / Н.В. Королев. Екатеринбург: УГТУ,1996, 196 с.

20 GOSTEXERT : каталог государственных стандартов [Электронный ресурс] / база данных содержит классификатор и базу данных нормативных документов. - Электрон. дан. – Режим доступа: [http:// gostexpert.ru/catalog](http://gostexpert.ru/catalog) .

– Загл. с экрана

21 ГОСТ 12.1.005-2008* Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. - Введ. 1989-01-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2009. - 45 с.

22 Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Текст]. - Утв. 2002-07-08. - М.: изд-во Минэнерго России, 2002. - 330 с.

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ДП 44.03.04.558 ПЗ

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
СПЕЦИФИКАЦИИ

					ДП 44.03.04.558 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

