

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «МиМТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ М.А.

Иванов _____ 2020

г.

Усовершенствование технологии многодуговой сварки труб 630x16
мм в условиях ПАО «ЧТПЗ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К выпускной КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Руководитель работы Ильин, И.А..

Автор работы студент группы П-440

Ермаков, В.С.

Нормоконтролёр старший
преподаватель

_____ Ю.В. Безганс

Челябинск, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	6
<u>1. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ</u>	7
<u>1.1. Анализ конструкции изделия</u>	7
<u>1.2. Материал изделия и его свариваемость</u>	8
<u>1.3. Условия эксплуатации изделия</u>	10
<u>2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</u>	10
<u>2.1. Базовый вариант технологического процесса</u>	10
<u>2.2. Проектируемый вариант технологического процесса</u>	21
<u>2.3. Выбор способа сварки</u>	21
<u>2.4. Выбор сварочных материалов</u>	24
<u>2.5. Расчет режимов сварки</u>	25
<u>2.6. Выбор сборочного и сварочного оборудования</u>	44
<u>3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ</u>	48
<u>4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</u>	52
<u>4.1. Анализ основных вредных и опасных производственных факторов</u> .	52
<u>4.2. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на участке</u>	67
<u>4.3. Обеспечение взрывопожарной безопасности</u>	68
<u>4.4. Раздел гражданской обороны</u>	72
<u>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</u>	74
<u>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</u>	76

					НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

Добыча и транспортировка углеводородов является основной отраслью экспорта Российской Федерации, при этом спрос на углеводороды растёт, а условия их добычи становятся всё суровее – происходит освоение морского дна и Арктического шельфа для добычи. Поэтому предъявляются всё более высокие требования к качеству трубопроводов. Традиционная технология производства труб большого диаметра заключается в формовке трубной заготовки и многодуговой сварки под флюсом. Данный способ сварки имеет свои недостатки – низкая производительность и большая погонная энергия, приводящая к разупрочнению основного металла, заставляют искать более эффективные способы производства. Таким способом производства является переход с четырех дуговой сварки на трехдугую, тем самым можно уменьшить количество теплоты вносимое в зону сварки и получить улучшенные параметры шва.

Целью данной работы является подбор оптимальных параметров сварки с целью нейтрализации указанных дефектов.

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ конструкции изделия

Изделие представляет собой стальную трубу (рисунок 1.1, рисунок 1.2) с одним продольным сварным швом (рисунок 1.3), диаметром 630 мм,

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

длинной 12000 мм и толщиной стенки 16 мм. Данная труба относится к группе труб большого диаметра.

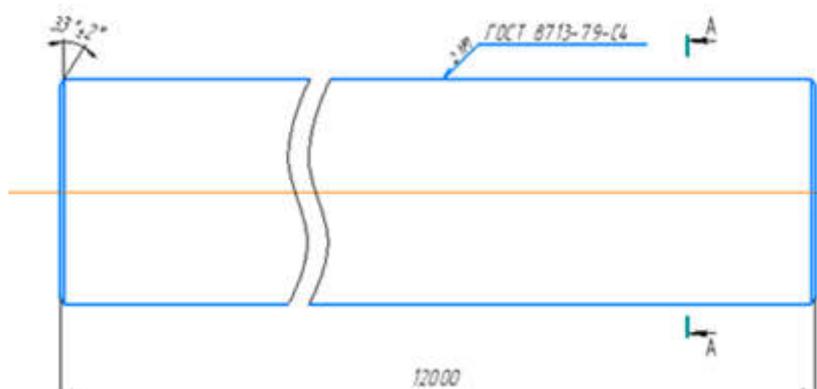


Рисунок 1.1 – Труба сварная прямошовная

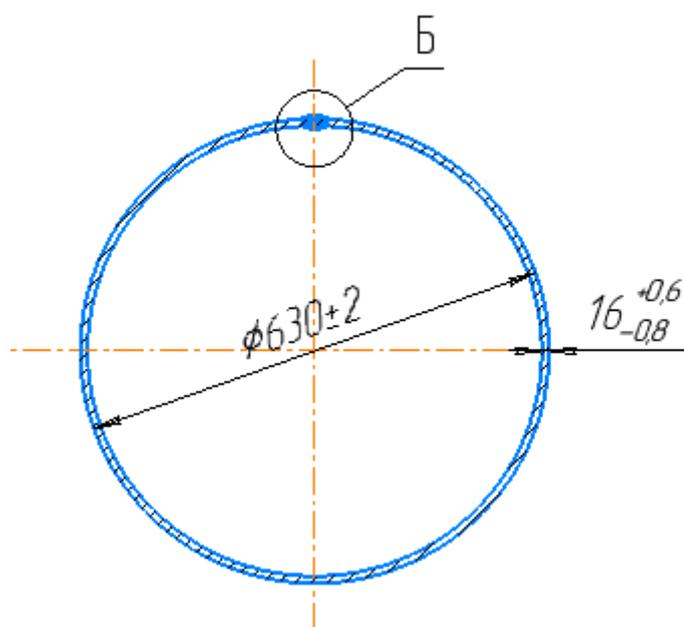


Рисунок 1.2 – Труба сварная прямошовная(вид слева)

						15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			7

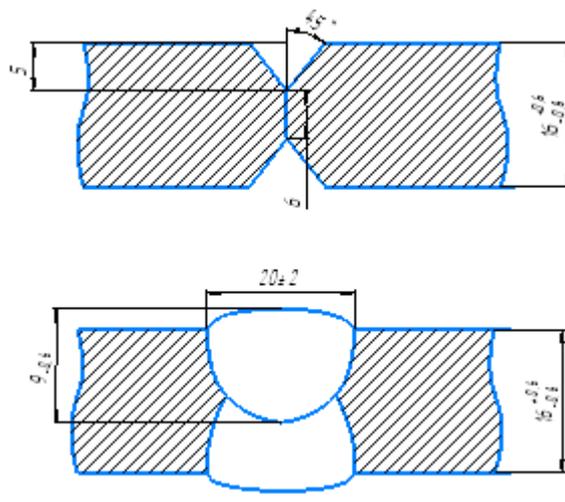


Рисунок 1.3 –разделка шва и сварной шов

1.2 Материал изделия и его свариваемость

Данная труба относится к классу прочности К52 и изготавливается из стали марки 09ГСФ, данная сталь является легированной и обладает улучшенной свариваемостью (указано в таблицах 1.2, 1.3).

Таблица 1.2 – Химический состав материала в %

Название хим. Элемента	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
Процентное содержание	0,07-0,12	0,5-0,8	0,5-0,8	до 0,3	до 0,01	до 0,025	до 0,3
Название хим. Элемента	V	N	Nb	Ti	Al	Cu	Ca
Процентное содержание	0,04-0,08	до 0,012	0,02 – 0,06	До 0,03	0,02 – 0,05	до 0,25	до 0,006

Таблица 1.3 – Механические свойства стали 09ГСФ

Предел текучести, Мпа,	Относительное удлинение, %	Предел временного сопротивления
Не менее		
360	23	510

Оценка свариваемости стали

Расчет на оценку возможности появления холодных трещин производится по следующей формуле (1):

$$C_{\Sigma} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (1)$$

Рассчитаем C_{Σ} для стали 09ГСФ по формуле (1):

$$C_{\Sigma} = 0,12 + \frac{0,7}{6} + \frac{0,7}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,018}{2} = 0,35$$

Если $C < 0,4\%$, то сварка стали не вызывает затруднений, при $0,46\% < C < 0,55\%$ - сварка возможна, но требует принятия специальных мер по предотвращению возникновения трещины. А при $C > 0,55\%$ опасность появления трещин резко возрастает.

Т.к. $0,35\% < 0,45\%$, то предварительный подогрев перед сваркой не требуется.

Если речь идёт об опасности образования горячих трещин в металле сварного шва, то оценить свариваемость стали по этому критерию можно при помощи показателя HCS, вычисляемого по формуле:

$$HCS = \frac{C \cdot \frac{S+P+\frac{Si}{25}+\frac{Ni}{100}}{1000}}{3 \cdot Mn+Cr+Mo+V} \quad (2)$$

Рассчитаем HCS для стали 09ГСФ по формуле (2):

$$HCS = \frac{0,12 \cdot \left(0,008 + 0,018 + \frac{0,7}{25} + \frac{0,3}{100}\right) \cdot 1000}{3 \cdot 1,41 + 0,07} = 2,52$$

Если $HCS > 4$, то сварные швы потенциально склонны к горячим трещинам.

Делаем вывод, что 09ГСФ имеет хорошую свариваемость. Не склонна к образованию горячих трещин, специальные меры для повышения качества сварного соединения не требуются.

1.3 Условия эксплуатации изделия

Данная труба применяется для строительства и ремонта магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, транспортирующих природный газ, нефть и нефтепродукты при избыточном рабочем давлении до 9,8 МПа и температуре окружающей среды до минус 20 °С.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса

Производство сварных прямошовных труб большого диаметра начинается с проведения входного ультразвукового контроля на установке УЗК поступившего листового проката (листа) на наличие дефектов – вмятин, раковин, расслоений, рисок или царапин. В случае удовлетворительных результатов контроля, листовой прокат передается далее в технологический поток для осуществления контроля геометрических параметров на установке автоматизированного контроля геометрии листа. При помощи лазерных триангуляционных датчиков осуществляется измерение длины, ширины, толщины, серповидности и волнистости (плоскостности) листа.

В случае прохождения контроля геометрии, лист передается далее в технологический поток на проведение дробеметной очистки – подачи дроби (абразивного материала) кучным потоком на обрабатываемую поверхность дробеметной турбиной в специальной изолированной установке. Таким образом очищается поверхность металла от окалины, ржавчины, облоя. Очистка происходит на большой скорости благодаря направленному попаданию на большой скорости дроби (абразивного материала). После проведения дробеметной очистки, лист маркируют (наносят порядковый номер трубы) с помощью маркировочной машины путём аэрозольного распыления и задают далее в поток. Лист, не прошедший контроль геометрии, выводится из технологического потока на участок вывода дефектного листа из потока, далее лист может быть отправлен на вторичную переработку с менее требовательными условиями.

Далее, один или несколько листов отправляют на специальный участок изготовления технологических пластин (выводных планок). Этот этап включает в себя вырезку пластин газовой резкой из листа и фрезерование

										15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							11

кромки пластин под сварку. Газовую вырезку пластин выполняют с применением природного газа и кислорода. При этом толщина и марка стали листа, применяемого для изготовления пластин, должны соответствовать толщине и марке стали трубы, к которой данные пластины будут привариваться.

После резки пластины передаются на фрезерование с применением фрезерных станков с ЧПУ.

Следующим этапом изготовления технологических пластин осуществляется их приварка к листу при производстве стальных электросварных прямошовных труб. Станция осуществляет приварку четырех технологических пластин по углам листа в продольном направлении с помощью полуавтоматической сварки в аргоне (рисунок 2.1).

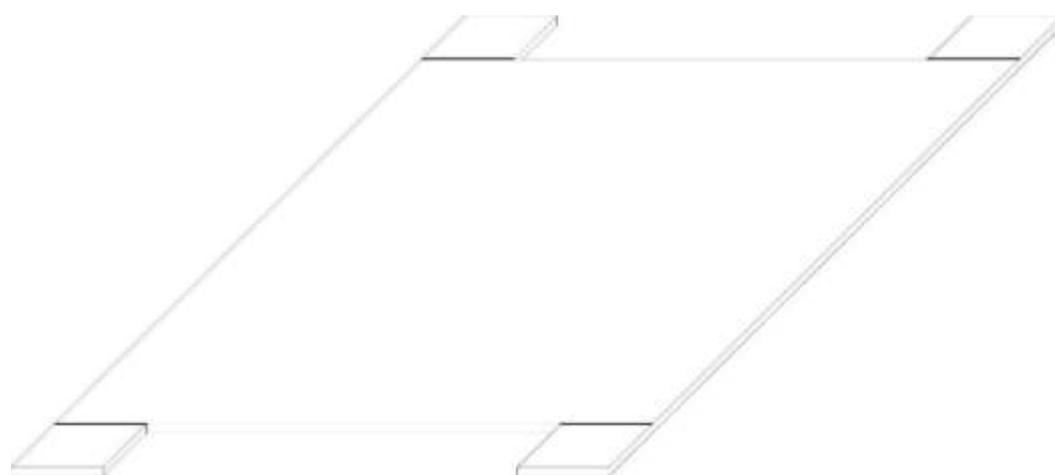


Рисунок 2.1 – Лист с приваренными технологическими планками

Затем осуществляют подготовку (фрезерование) продольных кромок листа под сварку на кромкофрезерной установке в автоматическом режиме (рисунок 2.2).

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Затем производят формовку листовой заготовки на трубоформовочном прессе – лист подается в зону прессы с помощью подающего рольганга. Корректировка положения листа осуществляется боковыми манипуляторами. Пресс осуществляет вдавливание с установленным радиусом (рисунок 2.4)

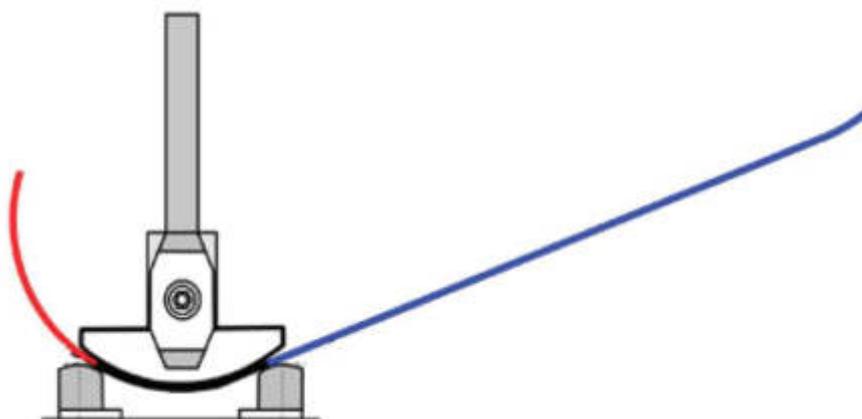


Рисунок 2.4 – Пошаговая формовка трубы

Затем пресс поднимается, лист опускается на рольганги, манипуляторы корректируют положение листа, и операция повторяется (рисунок 2.5)

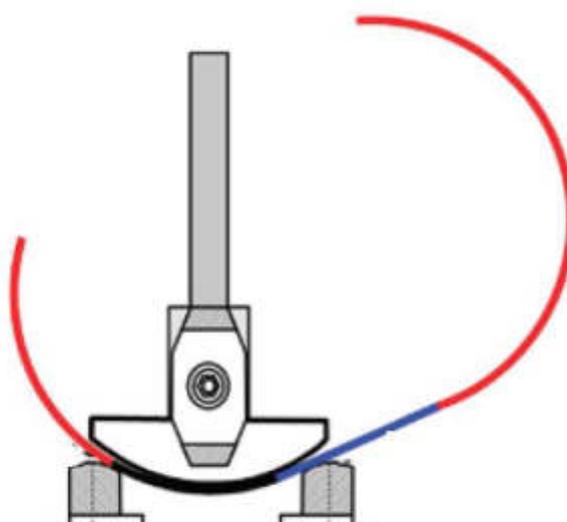


Рисунок 2.5 – Формовка правой половины трубы

Полностью сформированная заготовка представлена на рисунке 2.6.

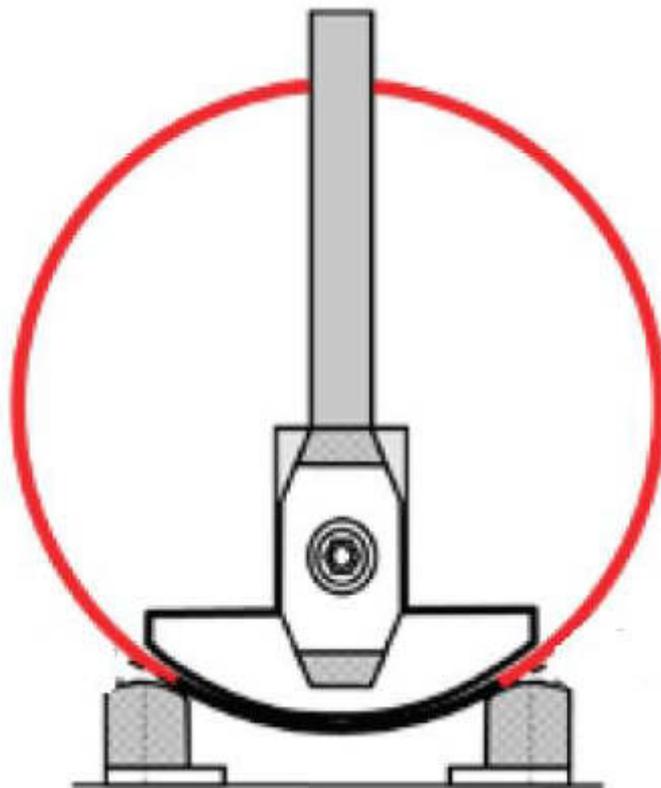


Рисунок 2.6 – Трубная заготовка после формовки

После этапа формовки, сформированная трубная заготовка подается на сборочно-сварочный стан (рисунок 2.7), на котором происходит смыкание кромок с помощью прижимных роликов (рисунок 2.8) и наложение методом полуавтоматической дуговой сварки технологического шва (рисунок 2.9) на свариваемые кромки с целью избегания их коробления при последующих сварочных операциях. Процесс сварки начинается и заканчивается на выводных технологических пластинах.

Заготовки поступают на станы внутренней сварки, где производится сварка внутренних швов с помощью четырехдуговой сварочной головки фирмы «Uhrhan-Schwill» с применением сварочной проволоки диаметром 4 мм и керамического флюса. Для питания дуг используется:

на первой дуге постоянный ток (источник питания – два параллельно соединенных выпрямителя US-DC-1000);

на второй, третьей и четвертой переменный ток (источник питания – два параллельно соединенных выпрямителя US-AC-1500

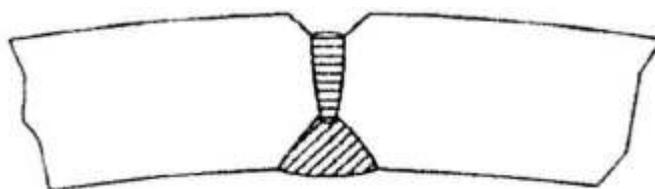


Рисунок 2.10 – Свариваемые кромки с технологическим и внутренним швом

После сварки внутреннего шва проводят визуальный измерительный контроль на наличие дефектов, в случае их обнаружения, трубная заготовка направляется на ремонтную площадку.

После проведения ремонтных работ трубная заготовка отправляется на стан очистки, где с помощью щеточного узла телескопической трубы происходит очистка внутреннего шва от шлаковой корки.

Следуя в технологическом потоке, труба подается на сварочный стан для сварки наружного рабочего шва методом многодуговой сварки под флюсом. Процесс сварки начинается и заканчивается на выводных технологических пластинах.

Сварка наружных швов (Рисунок 2.11)

После сварки внутреннего шва заготовки поступают на станы наружной сварки, где производится сварка наружных швов с помощью четырехдуговой

сварочной головки фирмы «Uhrhan-Schwill» с применением сварочной проволоки диаметром 4 мм и керамического флюса.

Для питания дуг используется:

- на первой дуге постоянный ток (источник питания – два параллельно соединенных выпрямителя US-DC-1000);
- на второй, третьей и четвертой переменный ток (источник питания – три параллельно соединенных выпрямителя US-AC-1500).

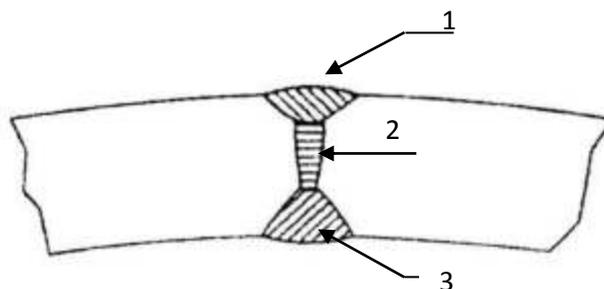


Рисунок 2.11 – Наружный рабочий шов, полученный на стане для наружной сварки, где: 1 – наружный облицовочный шов, 2 – технологический шов, 3 – внутренний облицовочный шов

После сварки наружного шва проводят визуально-измерительный контроль. В случае наличия дефектов (подрезов, кратеров, брызг металла) трубную заготовку отправляют на ремонтную площадку, на которой с помощью угловой шлифовальной машины и механизированной сварки осуществляют ремонт шва. Затем трубную заготовку отправляют на стан для очистки от шлаковой корки.

Затем трубную заготовку отправляют на участок обрезки выводных технологических пластин. Обрезку выполняют методом плазменной резки, для этого трубную заготовку поворачивают сварным швом в положение на 6 часов, таким образом, резка выполняется по сварному шву, соединяющему пластины и тело трубной заготовки.

Следуя в технологическом потоке, трубная заготовка поступает на участок для автоматизированного контроля геометрических параметров труб.

									15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						18

Измеряется наружный и внутренний диаметр, максимальная овальность, максимальная локальная кривизна и общая кривизна и отклонения от правильной цилиндрической формы.

Заготовка подается на участок проведения автоматизированного технологического ультразвукового контроля сварного шва. В случае необходимости уточнения местоположения и характера дефектов, трубная заготовка отправляется на рентгенотелевизионный контроль. Затем труба отправляется на ремонтный участок с целью ликвидации обнаруженных дефектов сварного шва. После ремонта шва, ультразвуковой контроль проводится повторно с целью проверки наличия ранее обнаруженных дефектов.

Затем заготовка подается на участок экспандирования труб с целью получения нормативных геометрических параметров труб, обеспечения требования нормативной документации в величине наружного диаметра, овальности, цилиндричности, отклонению по профилю околошовной зоны и кривизны.

После экспандирования проводят контроль геометрических параметров трубы на участке измерительного стенда экспандера, находящегося на технологической. В случае превышения допусков, трубу отправляют на повторное экспандирование.

Далее трубу направляют на проведение гидравлического контроля с последующим проведением сдаточного ультразвукового контроля.

Следующим этапом в технологическом потоке – передача трубы на установку для снятия усиления внутреннего и наружного шва методом шлифовки.

После снятия усиления проводят механическую обработку торцов трубы путём токарной обработки на торцевой машине для последующей сварки кольцевых швов при монтаже трубопроводов.

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Затем проводят предварительную приемку труб – контролер осматривает наружную и внутреннюю поверхность трубы и измеряет геометрические параметры трубы и сварного шва, а также торцов трубы. В случае обнаружения отклонений от нормы, труба отправляется на повторное экспандирование и торцевание.

После труба проходит повторный рентгенотелевизионный контроль и гидростатическое испытание. Затем проводят окончательную приемку труб и маркировку. Режимы сварки внутреннего и наружного шва можно увидеть в таблице 2.1 и таблице 2.2.

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица 2.1 – Режимы сварки внутренних швов при четырехдуговом сварочном процессе с использованием керамического флюса

Толщина стенки, мм	1 дуга		2 дуга		3 дуга		4 дуга		Скорость сварки, м/ч
	Сила тока, А	Напряжен ие, В	Сила тока, А	Напряжен ие, В	Сила тока, А	Напряжен ие, В	Сила тока, А	Напряжен ие, В	
16	750	32	700	34	650	36	620	40	170

Таблица 2.2 – Режимы сварки наружных швов при четырехдуговом сварочном процессе с использованием керамического флюса

Толщина стенки, мм	1 дуга		2 дуга		3 дуга		4 дуга		Скорость сварки, м/ч
	Сила тока, А	Напряжен ие, В	Сила тока, А	Напряжен ие, В	Сила тока, А	Напряжен ие, В	Сила тока, А	Напряжен ие, В	
16	1100	33	850	35	700	38	670	40	190

15.03.01.2020.126.00 ПЗ

2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

В базовом тех. процессе сварка шва производится с горением четырех дуг которая имеет ряд недостатков в связи с большими тепло вложениями:

- Увеличивается ЗТВ.
- Большой расход сваривающих материалов.
- Высокая скорость охлаждения.

В проектируемом варианте технологического процесса было принято решение использовать способ использовать трех дуговую сварку так как он имеет ряд преимуществ которые устраняют недостатки базового технологического процесса:

- Высокая производительность.
- Уменьшение затрат свариваемого материала.
- Уменьшение ЗТВ.

2.3. Выбор способа сварки

По существующей технологии сварка производится в следующем порядке:

- Сварка корневого слоя шва полуавтоматической сваркой в среде защитных газов.
- Автоматическая сварка под слоем флюса заполняющих и облицовочных слоев шва.

Автоматическая дуговая сварка под флюсом — сварка электрической дугой, горячей между концом сварочной проволоки и свариваемым металлом под слоем флюса.

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

Основные недостатки:

- велики трудозатраты, связанные со стоимостью флюса.
- трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;
- экологическое воздействие газов на оператора;
- невидимость места сварки, расположенного под толстым слоем флюса;
- нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования;
- повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса;
- требуется тщательная сборка кромок под сварку. При увеличенном зазоре между кромками возможно вытекание в него расплавленного металла и флюса и образование в шве дефектов.

Основные преимущества:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла;
- отсутствие брызг;
- максимально надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- не требуется защитных приспособлений от светового излучения, так как дуга горит под слоем флюса;
- низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва.

Механизированной (полуавтоматической) дуговой сваркой называется дуговая сварка, при которой подача плавящегося электрода или присадочного металла или относительное перемещение дуги и изделия выполняется с помощью механизмов.

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

При механизированной сварке в качестве плавящегося электрода используется проволока сплошного сечения, порошковая и самозащитная порошковая проволока. В случае применения проволоки сплошного сечения или порошковой проволоки для защиты сварочной дуги и наплавленного металла применяются защитные газы. Защитный газ, обтекая зону дуги, защищает её от окружающей среды.

Основные преимущества:

- высокая производительность сварки, которая достигается вследствие хорошего использования тепла сварочной дуги;
- высокое качество сварных швов;
- возможность сварки в различных пространственных положениях с применением полуавтоматической и автоматической сварки;
- низкая стоимость защитного газа;
- возможность сварки на весу без подкладки.
- требуется менее квалифицированный персонал по сравнению с ручной сваркой.

Основные недостатки:

- По сравнению со сваркой под флюсом необходимо применение защитных мер против светового и теплового излучения дуги.
- Сравнительно большие размеры горелок для сварки в среде защитных газов делают сложной или невозможной сварку в узких и труднодоступных местах.
- Необходимость в баллонах с газом увеличивает размеры и вес оборудования сварочного поста, что затрудняет его перемещение с места на место.

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

Ручная дуговая сварка — сварка, источником энергии которой является электрическая дуга.

Используется для сварки углеродистых сталей обычного качества, качественных сталей с различным содержанием марганца, низколегированных и легированных, жаропрочных и жаростойких сталей, чугуна и цветных металлов.

Основные недостатки:

- По сравнению со сваркой под флюсом необходимо применение защитных мер против светового и теплового излучения дуги.
- Сравнительно большие размеры горелок для сварки в среде защитных газов делают сложной или невозможной сварку в узких и труднодоступных местах.
- Необходимость в баллонах с газом увеличивает размеры и вес оборудования сварочного поста, что затрудняет его перемещение с места на место.

Основные преимущества:

- высокое качество соединения при работе с разными металлами и сплавами вне зависимости от пространственного положения детали;
- широкий диапазон толщин свариваемого металла — от десятой доли до нескольких десятков миллиметров;
- возможность визуального контроля сварочной дуги и ванны, процесса образования сварочного шва;
- узкая зона термического воздействия;
- при многослойной сварке не надо зачищать швы;
- высокая производительность работ;
- не надо удалять флюс или шлак, зачищать швы.

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

После анализа трех видов сварки была выбрана автоматическая сварка под слоем флюса, т. к. при выборе этого вида сварки, получаем повышенную производительность, которая обеспечивается за счет использования более высоких значений силы сварочного тока, а, следовательно, более высокой плотности тока. Это становится возможным благодаря наличию плотного слоя флюса, который защищает сварочную ванну. Уменьшение потерь на угар и разбрызгивание до величины 1...3% достигается за счет внутреннего давления дуги на ванну.

2.4. Выбор сварочных материалов

Для автоматической сварки под слоем флюса требуется подобрать соответствующие сварочные материалы. Выберем сварочную проволоку марки 08ГНМ диаметром 2 мм. Данная проволока является омедненной и предназначается для проведения сварки высокопрочных низкоуглеродистых сталей под слоем флюса.

Химический состав и механические свойства металла, наплавленного проволокой 08ГНМ, приведен в таблицах 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 –Химический состав наплавленного металла проволокой Св-08ГНМ В процентах

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
0.10	0.50	1.30	0.01	0.02	0.07	0.70

Таблица 2.4 – Механические свойства наплавленного металла проволокойСв-08ГНМ В процентах

Предел текучести, Мпа,	Относительное удлинение, %	Предел временного сопротивления
Не менее		

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2.5 Расчет режимов сварки

Рассчитаем параметры процесса сварки заполняющих и облицовочных слоев. Сварочный ток для 1 дуги постоянный прямой полярности. Диаметр электродной проволоки равен $d_3 = 4$ мм. Примем, что вылет электродной проволоки 30 мм.

Рассчитаем режимы сварки для первой дуги. Сварочный ток постоянный прямой полярности. В первую очередь, рассчитаем режимы сварки первого прохода.

Назначаем сварочный ток на 1 дугу 700А.

Плотность сварочного тока определим по формуле:

$$j = \frac{4I_{св}}{\pi d_3^2} \quad (\text{А/мм}^2) \quad (1)$$

$$j = \frac{4 \cdot 700}{3.14 \cdot 4^2} = 55,7 \quad (\text{А/мм}^2).$$

При диаметре электродной проволоки 4 мм, и плотность сварочного тока находятся в интервале. Полученное значение входит в указанный интервал. Напряжение на дуге определим по формуле:

$$U_D = 20 + \frac{0.05}{\sqrt{d_3}} I_{св} \quad (\text{В}), \quad (2)$$

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

Где $d_э = 4$ – диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{св} = 700$ - значение силы сварочного тока, А.

Тогда по формуле получим, что:

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} 700 = 37,5 \text{ (В)}$$

α_p - коэффициент расплавления, г/Ач;

$F_{эл}=12,56$ – площадь сечения электродной проволоки, см²;

$\gamma = 7,85$ – плотность металла, г/см³.

Коэффициент расплавления α_p определим по формуле:

$$\alpha_p = \alpha'_h + \Delta\alpha_p, \text{ (г/А*ч)} \quad (3)$$

где α'_p - составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;

$\Delta\alpha_p$ - составляющая зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач.

Составляющая обусловленная тепловложением дуги α'_p при постоянном токе прямой полярности определяется по формуле:

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot I_{св}}{d_э^{1,035}} \text{ (г/А*ч)} \quad (4)$$

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 700}{4^{1,035}} = 18,86 \text{ (г/А * ч)}.$$

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p$ определяется по формуле:

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{пп}}{q_{\text{э}}I_{\text{СВ}}} \quad (\text{г/А*ч}) \quad (5)$$

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 46,07}{325 \cdot 700} = 0,85 \quad (\text{г/А*ч}),$$

где $Q_{пп}$ – количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током, кал;

$q_{\text{э}} = 325$ – количество теплоты, необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки, кал/г.

Рассчитаем значение $Q_{пп}$ по формуле:

$$Q_{пп} = 0,1884j^2\rho_0d_{\text{э}}^2 \left(\frac{V_{\text{э}}}{a\alpha\beta} (e^{-p_2^1}) - \frac{\alpha(T_{\text{пл}}-T_0)}{p_1} \right) \quad (\text{Кал}) \quad (6)$$

$$Q_{пп} = 0,1884 \cdot 17640^2 \cdot 0,000014 \cdot 4^2 \left(\frac{3,57}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 1159} (2,71^{-0,24}) - \frac{0,08 \cdot (1500-20)}{-44,47} \right) =$$

$$= 53,88 \quad (\text{Кал}),$$

где $j = 17640$ – плотность тока в электроде, А/см²;

$\rho_0 = 0,000014$ – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки при нуле градусов, Ом/см;

$d_{\text{э}} = 0,4$ – диаметра электродной проволоки, см;

$V_{\text{э}}$ – условная скорость подачи электродной проволоки, см;

$a = 0,08$ – коэффициент температуропроводности, см²/с;

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

$\alpha = 0,0083$ – коэффициент изменения электрического сопротивления с изменением температуры, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$\beta = 1159$ коэффициент ед;

$l = 3$ – вылет электродной проволоки, см;

$T_{\text{пл}} = 1500$ – температура плавления проволоки, С;

$T_0 = 20$ – начальная температура проволоки, $^{\circ}\text{C}$;

p_1 и p_2 – коэффициенты, ед.

где $c_V = 1,25$ – объемная теплоемкость, кал/см³.

Условную скорость подачи проволоки определим по формуле:

$$V_{\text{пп}} = \frac{4\alpha' p I_{\text{св}}}{3600\pi\gamma d_3^2} \quad (\text{см/с}) \quad (7)$$

$$V_{\text{пп}} = \frac{4 \cdot 18,8 \cdot 700}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 7,85 \cdot 4^{-2}} = 3,57 \quad (\text{см/с}).$$

Коэффициенты p_1 и p_2 определим по формуле:

$$\begin{cases} p_1 = \frac{V_3}{2a} - \sqrt{\frac{V_3^2}{4a^2} - a\beta} \\ p_2 = \frac{V_3}{2a} + \sqrt{\frac{V_3^2}{4a^2} - a\beta} \end{cases} \quad (\text{ед.}) \quad (8)$$

$$\begin{cases} p_1 = \frac{3,57}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{3,57^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,08 \cdot 1159} = -44,47 \\ p_2 = \frac{3,57}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{3,57^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,08 \cdot 1159} = -0,19 \end{cases} \quad (\text{ед.}).$$

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

Скорость сварки сохраним как в базовом варианте чтобы сохранить производительность:

$$V_{CB} = 3 \quad (\text{см/с}) \quad (9)$$

Погонную энергию определим по формуле:

$$q_{\text{ПОГ}} = 0,24 \frac{U_{\text{Д}} I_{\text{CB}} \eta}{V_{\text{CB}}} \quad (\text{ккал/см}) \quad (10)$$

$$q_{\text{ПОГ}} = 0,24 \frac{37,5 \cdot 700 \cdot 0,9}{3} = 1,89 \quad (\text{ккал/см}),$$

где $\eta = 0,9$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Определим коэффициент формы провара по формуле:

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k' (19 - 0,01 I_{\text{CB}}) d_{\text{Э}} U_{\text{Д}}}{I_{\text{CB}}} \quad (\text{ед.}) \quad (11)$$

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{1,3 (19 - 0,01 \cdot 700) 4 \cdot 37}{700} = 3,34 \quad (\text{ед.}),$$

где $k' = 1,3$ – коэффициент зависящий от плотности и полярности тока, ед.

Определим глубину провара по формуле (12):

$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (\text{см}) \quad (12)$$

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$H = 0.0165 \sqrt{\frac{1890}{3,34}} = 0,39 \text{ (см)},$$

где q_{Π} – величина погонной энергии, кал/см;

$\psi_{\Pi P}$ – коэффициент формы провара, ед.

Определим ширину усиления одного валика сварного шва по формуле:

$$B = \psi_{\Pi P} H \text{ (мм)} \quad (13)$$

$$B = 3,34 \cdot 3,9 = 13,1 \text{ (мм)}.$$

Определим высоту усиления сварного шва по формуле:

$$C = \frac{F_H}{0.73B} \text{ (мм)} \quad (14)$$

$$C = \frac{16}{0.73 \cdot 13,1} = 1,62 \text{ (мм)}.$$

Рассчитаем общую высоту шва по формуле:

$$D = H + C \text{ (мм)} \quad (15)$$

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

$$D = 3,9 + 1,62 = 5,52 \text{ (мм)}.$$

Площадь наплавленного металла определим по формуле

$$F_H = 0,75 \cdot 1,62 \cdot 13,1 = 16 \text{ (мм)}. \quad (16)$$

Проведем расчет размеров шва для случая наличия зазора и разделки.

Высота шва при наличии разделки кромок при многопроходной сварке определяется по формуле:

$$C_2 = \frac{F_H - h^2 \cdot \tan \alpha / 2}{0,73B} \quad (\text{мм}) \quad (17)$$

$$C_2 = \frac{14 - 1^2 \cdot 0,5}{0,73 \cdot 13,1} = 1,36 \text{ (мм)}.$$

Рассчитаем полученную глубину проплавления:

$$H_2 = D - C_2 = 5,52 - 1,36 = 4,16 \text{ (мм)} \quad (18)$$

$$H_2 = 5,52 - 1,36 = 4,16 \text{ (мм)}.$$

Параметры режима автоматической сварки для 1 дуги приведены в таблице 2.5

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Таблица 2.5 – Параметры режима сварки 1 дуги

Параметры	Обозначение	Величина
Сварочный ток, А	$I_{св}$	700
Диаметр электродной проволоки, мм	$d_э$	4
Вылет электрода, мм	$l_э$	30
Напряжение на дуге, В	U_d	37,5
Скорость сварки, см/с	$V_{св}$	3
Скорость подачи электродной проволоки, см/с	$V_{пп}$	3,57
Погонная энергия сварки, дж/см	$q_{пог}$	7938
Площадь наплавленного металла $см^2$	F_n	0,16
Плотность тока, $А/мм^2$	j	55,7
Количество проходов	n	1

Рассчитаем режимы сварки для второй дуги. Сварочный ток постоянный прямой полярности. Примем, что вылет электродной проволоки 32 мм.

Сила сварочного тока зависит от диаметра проволоки и плотности сварочного тока. Примем, что значение сварочного тока на первой дуге составляет 650А.

Плотность сварочного тока определим по формуле:

$$j = \frac{4I_{св}}{\pi d^2_э} = \frac{4 \cdot 650}{3.14 \cdot 4^2} = 51,75 \text{ (А/мм}^2\text{)}.$$

При диаметре электродной проволоки 4 мм, и плотность сварочного тока находятся в интервале. Полученное значение входит в указанный интервал.

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Напряжение на дуге определим по формуле:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0.05}{\sqrt{d_{\text{э}}}} I_{\text{св}} \text{ (В)},$$

где $d_{\text{э}} = 4$ – диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{\text{св}} = 650$ – значение силы сварочного тока, А.

Тогда по формуле получим, что

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0.05}{\sqrt{4}} 650 = 36,25 \text{ (В)},$$

где $\alpha_{\text{р}}$ – коэффициент расплавления, г/Ач;

$F_{\text{ЭЛ}} = 12,56$ – площадь сечения электродной проволоки, см²;

$\gamma = 7,85$ – плотность металла, г/см³;

Коэффициент расплавления $\alpha_{\text{р}}$ определим по формуле:

$$\alpha_{\text{р}} = \alpha'_{\text{н}} + \Delta\alpha_{\text{р}}, \quad (\text{г/Ач}),$$

где $\alpha'_{\text{р}}$ – составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;

$\Delta\alpha_{\text{р}}$ – составляющая зависящая от тепловложения.

Вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач.

Составляющая обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_{\text{р}}$ при постоянном токе прямой полярности определяется по формуле:

$$\alpha'_{\text{р}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot I_{\text{св}}}{d_{\text{э}}^{1,035}} \text{ (г/Ач)}$$

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 650}{4^{1,035}} = 17,17 \text{ (Г/Ач)}.$$

Составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p$ определяется по формуле:

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{\text{пл}}}{q_{\text{э}}I_{\text{СВ}}} \text{ (Г/Ач)}$$

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 45,09}{325 \cdot 650} = 0,85 \text{ (Г/Ач)},$$

где $Q_{\text{пл}}$ – количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током, кал;

$q_{\text{э}} = 325$ – количество теплоты, необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки, кал/г.

Рассчитаем значение $Q_{\text{пл}}$ по формуле:

$$Q_{\text{пл}} = 0,1884j^2\rho_0d_{\text{э}}^2 \left(\frac{V_{\text{э}}}{\alpha\alpha\beta} (e^{-p_2^1}) - \frac{\alpha(T_{\text{пл}}-T_0)}{p_1} \right) = 46,2 \text{ (кал)}$$

$$Q_{\text{пл}} = 0,1884 \cdot 17640^2 \cdot 0,000014 \cdot 4^2 \left(\frac{3,16}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 851} (2,71^{-0,24}) - \frac{0,008 \cdot (1500-20)}{-26} \right) = 46,22 \text{ (кал)},$$

где $j = 17640$ – плотность тока в электроде, А/см².;

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

$\rho_0 = 0,000014$ – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки при нуле градусов, Ом/см;

$d_3 = 0,4$ – диаметра электродной проволоки, см;

V_3 – условная скорость подачи электродной проволоки, см;

$a = 0,08$ – коэффициент температуропроводности, см²/с;

$\alpha = 0,0083$ – коэффициент изменения электрического сопротивления с изменением температуры, °С⁻¹;

$\beta = 899$ коэффициент ед;

$l = 3,2$ – вылет электродной проволоки, см;

$T_{пл} = 1500$ – температура плавления проволоки, С;

$T_0 = 20$ – начальная температура проволоки, °С;

p_1 и p_2 – коэффициенты, ед.

Условную скорость подачи проволоки определим по формуле:

$$V_{ПП} = \frac{4\alpha' p I_{CB}}{3600\pi\gamma d_3^2} \quad (\text{см/с})$$

$$V_{ПП} = \frac{4 \cdot 17,17 \cdot 650}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 7,85 \cdot 4^2} = 3,16 \quad (\text{см/с}).$$

Коэффициенты p_1 и p_2 определим по формуле:

$$\begin{cases} p_1 = \frac{V_3}{2a} - \sqrt{\frac{V_3^2}{4a^2} - a\beta} = -39,36 \\ p_2 = \frac{V_3}{2a} + \sqrt{\frac{V_3^2}{4a^2} - a\beta} = -0,19 \end{cases} \quad (\text{ед.})$$

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$\begin{cases} p_1 = \frac{3,16}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{2,29^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,08 \cdot 851} = -39,36 \\ p_2 = \frac{3,16}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{2,29^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,08 \cdot 851} = -0,19 \end{cases} \quad (\text{ед.}).$$

Скорость сварки назначаем как на 1 дуге:

$$V_{\text{св}} = 3, (\text{см/с}),$$

Где $V_{\text{под}} = 3$ – скорость подачи проволоки, см/с;

$F_{\text{н}} = 0,14$ площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$F_{\text{эл}} = 12,56$ – площадь сечения электродной проволоки, мм².

Погонную энергию определим по формуле:

$$q_{\text{пог}} = \frac{U_{\text{д}} I_{\text{св}} \eta}{V_{\text{св}}} \quad (\text{Кал})$$

$$q_{\text{пог}} = \frac{36,25 \cdot 650 \cdot 0,9}{3} = 1,69 \text{ (ккал)},$$

где $\eta = 0,9$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Определим коэффициент формы провара по формуле:

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{св}}) d_{\text{э}} U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} \quad (\text{ед.})$$

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{1,32^{(19-0,01 \cdot 650)} \cdot 4 \cdot 36,25}{650} = 3,68 \text{ (ед.)},$$

где $k' = 1,32$ – коэффициент зависящий от плотности и полярности тока, ед.

Определим глубину провара по формуле:

$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}} \text{ (мм)}$$

$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{1690}{3,68}} = 3,54 \text{ (мм)},$$

где $q_{\text{П}}$ – величина погонной энергии, кал/см;

$\psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент формы провара, ед.

Определим ширину усиления одного валика сварного шва по формуле:

$$B = \psi_{\text{ПР}} H \text{ (мм)}$$

$$B = 3,68 \cdot 3,54 = 13,03 \text{ (мм)}.$$

Определим высоту усиления сварного шва по формуле:

$$C = \frac{F_H}{0,73B} \text{ (мм)}$$

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

$$C = \frac{14}{0.73 \cdot 13,03} = 1.4 \text{ (мм)}.$$

Рассчитаем общую высоту шва по формуле:

$$D = H + C \text{ (мм)}$$

$$D = 3,54 + 1,4 = 4.98 \text{ (мм)}$$

$$F_H = 14 \text{ мм}^2 .$$

Параметры режима автоматической сварки для 2 дуги приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – параметры режима 2 дуги

Параметры	Обозначение	Величина
Сварочный ток, А	$I_{св}$	650
Диаметр электродной проволоки, мм	$d_э$	4
Вылет электрода, мм	$l_э$	32
Напряжение на дуге, В	$U_д$	36,25
Скорость сварки, см/с	$V_{св}$	3

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Продолжение таблицы 2.6

Скорость подачи электродной проволоки, см/с	$V_{\text{пп}}$	3,16
Погонная энергия сварки, дж/см	$q_{\text{пог}}$	7100
Площадь наплавленного металла см^2	$F_{\text{н}}$	0,014
Плотность тока, А/мм^2	j	51,75
Количество проходов	n	1

Назначаем сварочный ток на 3дугу 600А.

Плотность сварочного тока определим по формуле:

$$j = \frac{4I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4 \cdot 570}{3.14 \cdot 4^2} = 47,7 \text{ (А/мм}^2\text{)}.$$

При диаметре электродной проволоки 4 мм, и плотность сварочного тока находятся в интервале. Полученное значение входит в указанный интервал.

Напряжение на дуге определим по формуле:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{э}}}} I_{\text{св}} \text{ (В)},$$

где $d_{\text{э}} = 4$ – диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{\text{св}} = 600$ - значение силы сварочного тока, А.

Тогда по формуле получим, что

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} 600 = 45 \text{ (В)},$$

									Лист
									41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

где α_p - коэффициент расплавления, г/Ач;

$F_{эл}=12,56$ – площадь сечения электродной проволоки, см² ;

$\gamma = 7,85$ – плотность металла, г/см³;

Коэффициент расплавления α_p определим по формуле:

$$\alpha_p = \alpha'_h + \Delta\alpha_p, \quad (\text{г/Ач}),$$

где α'_p - составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;

$\Delta\alpha_p$ - составляющая зависящая от тепловложения вследствие;

предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач.

Составляющая обусловленная тепловложением дуги α'_p при постоянном токе прямой полярности определяется по формуле:

$$\alpha'_p = 6,3 \frac{0,0702 \cdot I_{св}}{d_{э}^{1,035}} = 13,48 \text{ (г/Ач)}$$

$$\alpha'_p = 6,3 \frac{0,0702 \cdot 600}{4^{1,035}} = 13,48 \text{ (г/Ач)}.$$

Составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p$ определяется по формуле:

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{пш}}{q_{э}I_{св}} \text{ (г/Ач)}$$

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 45,09}{325 \cdot 600} = 0,85 \text{ (г/Ач)},$$

где $Q_{\text{пп}}$ – количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током, кал;

$q_{\text{э}} = 325$ – количество теплоты, необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки, кал/г.

Рассчитаем значение $Q_{\text{пп}}$ по формуле:

$$Q_{\text{пп}} = 0,1884 j^2 \rho_0 d_{\text{э}}^2 \left(\frac{V_{\text{э}}}{a \alpha \beta} (e^{-p_2 l}) - \frac{\alpha(T_{\text{пл}} - T_0)}{p_1} \right) \text{ (кал)}$$

$$Q_{\text{пп}} = 0,1884 \cdot 17640^2 \cdot 0,000014 \cdot 4^2 \left(\frac{2,29}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 851} (2,71^{-0,24}) - \frac{0,008 \cdot (1500 - 20)}{-26} \right) =$$

$$= 45,9 \text{ (кал)},$$

где $j = 17640$ – плотность тока в электроде, А/см²;

$\rho_0 = 0,000014$ – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки при нуле градусов, Ом/см;

$d_{\text{э}} = 0,4$ – диаметра электродной проволоки, см;

$V_{\text{э}}$ – условная скорость подачи электродной проволоки, см;

$a = 0,08$ – коэффициент температуропроводности, см²/с;

$\alpha = 0,0083$ – коэффициент изменения электрического сопротивления с изменением температуры, °С⁻¹;

$\beta = 851$ коэффициент ед;

$l = 3$ – вылет электродной проволоки, см;

$T_{\text{пл}} = 1500$ – температура плавления проволоки, С;

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

$T_0 = 20$ – начальная температура проволоки, °C;

p_1 и p_2 – коэффициенты, ед.

коэффициент β определим по формуле:

где $c\gamma = 1,25$ – объемная теплоемкость, кал/см³.

Условную скорость подачи проволоки определим по формуле:

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha' p I_{\text{св}}}{3600\pi\gamma d_{\text{э}}^2} \quad (\text{см/с})$$

$$V_{\text{Э}} = \frac{4 \cdot 13,6 \cdot 600}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 7,85 \cdot 4^{-2}} = 2,43 \quad (\text{см/с}),$$

Коэффициенты p_1 и p_2 определим по формуле:

$$\begin{cases} p_1 = \frac{V_{\text{Э}}}{2a} - \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - a\beta} \\ p_1 = \frac{V_{\text{Э}}}{2a} + \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - a\beta} \end{cases} \quad (\text{ед.})$$

$$\begin{cases} p_1 = \frac{2,29}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{2,29^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,08 \cdot 851} = -26,14 \\ p_1 = \frac{2,29}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{2,29^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,08 \cdot 851} = -0,22 \end{cases} \quad (\text{ед.}).$$

Скорость сварки назначаем как на 1 дуге:

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

$$V_{CB} = 3 \text{ (см/с)},$$

где $V_{\text{под}} = 3$ – скорость подачи проволоки, см/с;

$F_H = 0.10$ площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$F_{\text{эл}} = 12,56$ – площадь сечения электродной проволоки, мм².

Погонную энергию определим по формуле:

$$q_{\text{пог}} = \frac{U_D I_{CB} \eta}{V_{CB}} \quad (\text{кДж})$$

$$q_{\text{пог}} = \frac{45 \cdot 600 \cdot 0,9}{3} = 8,1 \text{ (кДж)},$$

где $\eta = 0,9$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Определим коэффициент формы провара по формуле:

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{k' (19 - 0.01 I_{CB}) d_{\text{эл}} U_D}{I_{CB}} \quad (\text{ед.})$$

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{0,78 (19 - 0.01 \cdot 600) 4 \cdot 45}{600} = 4,07 \text{ (ед.)},$$

где $k' = 1$ – коэффициент зависящий от плотности и полярности тока, ед.

Определим глубину провара по формуле:

$$H = 0.0165 \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (\text{мм})$$

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

$$H = 0.0165 \sqrt{\frac{1561}{4,07}} = 3,05 \text{ (мм)},$$

где $q_{\text{п}}$ – величина погонной энергии, кал/см;

$\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара, ед.

Определим ширину усиления одного валика сварного шва по формуле:

$$B = \psi_{\text{пр}} H \text{ (мм)}$$

$$B = 4,07 \cdot 3,05 = 12,4 \text{ (мм)}.$$

Определим высоту усиления сварного шва по формуле:

$$C = \frac{F_H}{0.73B} \text{ (мм)}$$

$$C = \frac{10}{0.73 \cdot 12,4} = 1.2 \text{ (мм)}.$$

Рассчитаем общую высоту шва по формуле:

$$D = H + C \text{ (мм)}$$

$$D = 3,05 + 1,2 = 4.25 \text{ (мм)}$$

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$F_H = 10 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Параметры режима автоматической сварки для 2 дуги приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – параметры режима 3 дуги

Параметры	Обозначение	Величина
Сварочный ток, А	$I_{св}$	600
Диаметр электродной проволоки, мм	$d_э$	4
Вылет электрода, мм	$l_э$	32
Напряжение на дуге, В	U_d	45
Скорость сварки, см/с	$V_{св}$	3
Скорость подачи электродной проволоки, см/с	$V_{пп}$	2,13
Погонная энергия сварки, Дж/см	$q_{пог}$	8100
Площадь наплавленного металла см ²	F_H	0,01
Плотность тока, А/мм ²	j	47,7
Количество проходов	n	1

2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования

Устройство для сварки наружных швов (рис. 2.12) полностью монтируется на внешней опорной раме и используется для сварки внешнего шва.

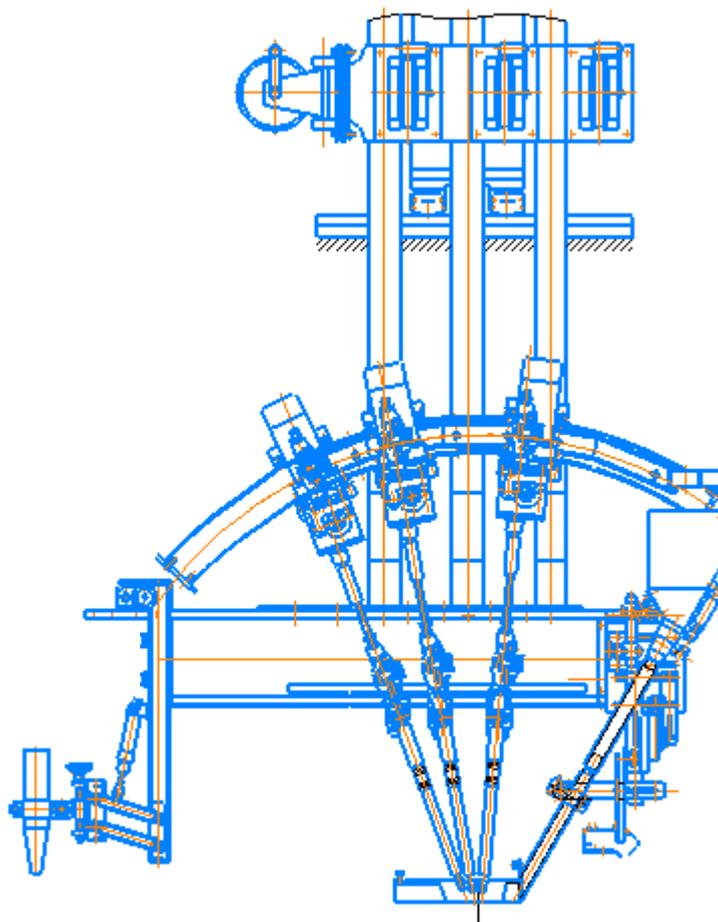


Рисунок 2.12 – Устройство для сварки наружных швов.

По существу устройство состоит из:

- внешней консоли сварочной головки (позиция 12) со шпиндельным ящиком и направляющей (позиция 13) для принятия 3 –х проволоочной сварочной головки и приводного механизма подачи проволоки (позиция 8).
- держателя токоподводящего сопла (позиция 6). Поз.3
- лазерного сканера (позиция 2) с вручную регулируемым суппортом

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

(позиция 14) для автоматического вертикального и горизонтального направления сварочной головки по моторному вертикальному и горизонтальному суппорту (позиция 9).

- пневматически управляемой воронки для флюса (позиция 4) в сочетании с устройством подачи флюса (позиция 5) для доставки сварочного флюса к сварочной головке.
- вытяжного сопла (позиция 7) для возврата сварочного флюса в систему подачи флюса.
- приводного механизма подачи проволоки (позиция 8) для подачи проволоки в устройство для правки проволоки.

На рисунке 2.13 представлено устройство подачи флюса.

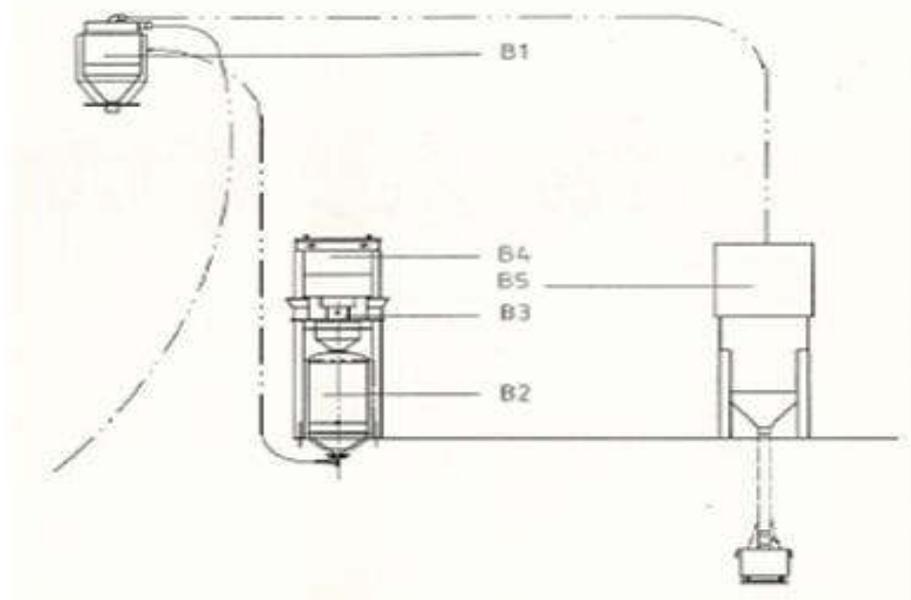


Рисунок 2.13 – Устройство подачи флюса.

Источник переменного тока с магнитным усилителем и электронным регулятором US-AC-1500 (рисунок 2.14) параметры представлены в таблице (2.8) идеально подходят для процессов сварки под флюсом, при которых требуется большая выходная мощность.

						15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			49

Отличные характеристики дуги

- Схема Скотта для двух сварочных головок переменного тока, которые могут работать одновременно
- Регулирование мощности с помощью реостата во время сварки и на холостом ходу
- Три выходных болта с перекрывающимися диапазонами
- Стабильная работа при колебаниях напряжения до $\pm 10\%$ за счет встроенной системы выравнивания напряжения
- Особенно большая продолжительность работы при повторяющихся процессах сварки благодаря полупроводниковой схеме
- Легкий доступ для проведения техобслуживания благодаря снимаемым боковым частям
- Знак UL



Рисунок 2.14 – US-AC-1500.

Таблица 2.8 – US-AC-1500

Диапазон тока.	200 – 1250 А
Вес.	720 кг
Размеры.	580 x 1210 x 1460

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50



Рисунок 2.15– US-DC-1000

US-DC-1000 – тиристорный трехфазный выпрямитель с электронным регулированием от потенциометра. Предназначен для сварки под флюсом, автоматической и полуавтоматической сварки открытой дугой. Также может быть использован для воздушной резки угольным электродом диаметром до 5/8" (15,9мм) включительно. US-DC 1000 с кодовыми номерами менее 9500 не рекомендуется использовать для сварки штучными электродами и для сварки сплошными проволоками в защитных газах “короткой дугой”. Машины с кодовыми номерами менее 9500 и дополнительным выходом 500 ампер могут использоваться для сварки плавящейся проволокой в защитных газах (GMAW процесс). Использование дополнительного вывода улучшает характеристики машины на малых токах, необходимых для этого вида сварочного процесса (рисунок 2.15). параметры представлены в таблице (2.9)

Таблица 2.9– US-DC-1000

Диапазон тока.	150 – 1300 А
Вес.	372 кг
Размеры.	781 x 572 x 991

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

К изделию предъявляются высокие требования по качеству сварных швов. Все дефекты сварных соединений делятся на внутренние и внешние. Внешние дефекты возникают при формировании сварного шва. К ним относятся нарушение формы сварного шва, подрезы, горячие и холодные трещины. К внутренним дефектам относят трещины, поры, несплавления и непровары. Качество сборки оказывает существенную роль на качество соединения.

В процессе сбора изделия осуществляется контроль расположения деталей друг относительно друга, отсутствия внешних дефектов шва (например: трещины, подрезы). Для выявления данных дефектов в процессе сборки используется визуально-измерительный контроль (ВИК). ВИК — это процедура обследования места соединения как до, так и после выполнения шва. Целью проверки является удостоверение в том, что все этапы работы выполнены в соответствии с правилами. Несоблюдение стандартов может привести к разрушению конструкции. Вик помогает выявить ряд дефектов: неправильный катет шва, ошибочные пропорции относительно ширины и высоты наплавленного металла, прожоги, неправильную чешуйчатость, открытые кратеры сварочной ванны, наплывы металла, подрезы, непроваренные участки. Данный вид контроля проводится согласно ГОСТ 23479-79.

Базовый набор комплекта для ВИК (рисунок 3.1):

- Линейка стальная
- Штангенциркуль
- Угольник проверочный
- Шаблон радиусный
- Набор щупов
- Универсальный шаблон сварщика УШС-3

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

- Лупа измерительная x10
- Просмотровые лупы x2, x7
- Рулетка
- Фонарик
- Маркер по металлу
- Инструкция по визуальному контролю
- Паспорт со свидетельством о калибровке комплекта



Рисунок 3.1 – Общий вид комплекта для ВИК.

Для выявления внутренних дефектов используют ультразвуковой контроль (УЗК) по ГОСТ 55724-2013. УЗК применяется для контроля сварных швов, труб, балок, рельсов, других литых и композитных конструкций. Позволяет выявлять трещины, закаты, поры, рыхлоты и др. нарушения сплошности на поверхности или в глубине детали из металла, пластика и других материалов.

К преимуществам данного вида контроля можно отнести:

- Быстрота проводимого обследования
- Высокий диагностический результат

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

- Один из наиболее дешевых вариантов
- Не оказывает вредного влияние на человека
- Данный метод контроля проводится без повреждения исследуемой

детали

- Не требует подготовки детали (кроме смачивания)
- Не нужна особая лицензия на использование

В данной конструкции УЗК подвергаются все сварные швы. Для проведения ультразвукового будем использовать ультразвуковой дефектоскоп УД2-70(НПК «Луч»). (рисунок 3.2).



Рис 3.2 – УД2-70(НПК «Луч»).

Особенности модели:

Прибор разработан для НК металлических, полимерных и композитных изделий на предмет отклонения в однородности структуры материала, нарушения его сплошности.

Продолжение таблицы 3.1

Размеры, мм	245x77x145
Масса, кг	2,2

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Анализ вредных и опасных факторов в технологическом процессе.

При проектировании участка сварки одной из главных задач является создание здоровых и безопасных условий труда.

Основные вредные и опасные факторы в разработанном проекте.

В разработанном проекте основными вредными и опасными факторами являются:

- Опасность поражения электрическим током. Ток свыше 0,01А и напряжением свыше 36 В опасен для жизни.
- Повышенная загазованность и запыленность рабочей зоны. При сварке вредные выделения в виде сварочных аэрозолей (пары металла, окислы железа, марганца, кремния, хрома, легирующих элементов) приводят к острым и профессиональным заболеваниям – силикоз, интоксикация марганцем. Это приводит к тяжелым поражениям органов дыхания и нервной системы, вплоть до параличей. Отсос и сбор флюса, пересыпка его для повторного использования является дополнительным источником пылевых выделений.
- Наличие предметов с высокой температурой поверхности. Нагретые до высокой температуры поверхности изделия или оборудования, шлаковая корка, брызги и выбросы расплавленного металла могут привести к ожогам различной степени тяжести, а также создают

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

перегородки.

Для работающих непосредственно в зоне сварки предусмотрено применять индивидуальные средства защиты, такие как:

- брезентовые сварочные костюмы;
- брезентовые рукавицы;
- сварочные маски;
- светофильтры;
- сварочные ботинки.

Для защиты глаз и лица сварщика от светового излучения применяют защитные на головные щитки ГОСТ-12.4.011-87, светофильтры, применяемые со щитками, выбираются в зависимости от сварочного тока по ГОСТ-12.4.080-79, для автоматической сварки выбираем светофильтр С-7.

Для защиты сварщиков от интенсивного разбрызгивания металла выбираем брезентовый костюм с огнезащитой пропиткой по ТУ 17-08-69-77.

Электробезопасность.

Участок относится к особо опасным помещениям. В связи с этим выполняются следующие требования:

- источники сварочного тока могут присоединяться к сетям напряжением не выше 660 вольт;
- корпус любой электросварочной установки имеет индивидуальное заземление;
- токоведущие кабели сварочной цепи по всей длине изолированы и защищены от механических повреждений;
- в качестве обратного провода служат гибкие, а так же металлические шины достаточного сечения;
- зажим вторичной обмотки трансформатора, к которому подключается обратный провод, следует заземлять по ГОСТ 12.1.030-81;

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

воздуха, что имеет большое экономическое преимущество по сравнению с общеобменной вентиляцией.

В данном дипломном проекте используется местный отсос, расположенный над зоной сварки. При сварке под слоем флюса вредные компоненты выделяются с некоторым запаздыванием, что объясняется постепенной фильтрацией вредных веществ через слой нерасплавленного флюса. Практически выделение вредных веществ имеет место, пока температура остывающего металла выше 300 С. Кроме выделения аэрозоля и газов непосредственно от наплавленного металла, процесс сварки под флюсом сопровождается поступлением в атмосферу цеха флюсовой пыли, образующейся путем истирания частиц флюса при транспортировках и пересыпках. Уборка неиспользованного флюса производится флюсоотсосом.

При сварке под флюсом расход воздуха, удаляемого местным отсосом, может быть определен по формуле(4.1)

$$L_M = k \cdot \sqrt[3]{I_{св}}, \quad (4.1)$$

где, L_M - объем воздуха, удаляемый при сварке под слоем флюса, $м^3 / ч$;

$I_{св}$ - сила сварочного тока, А;

$k=16$ – опытный коэффициент для отсоса, применяемого в проекте;

$$L_M = 16 \cdot \sqrt[3]{1050} = 163 м^3 / ч.$$

Расход воздуха, подаваемого в помещение, системой общеобменной вентиляции находится по формуле (4.2)

$$L_{np} = L_M + \frac{Z - L_M \cdot (C_{pz} - C_{np})}{C_{y0} - C_{np}}, \quad (4.2)$$

где, L_{np} - расход воздуха, $м^3 / ч$;

L_M - расход воздуха, удаляемого из рабочей зоны системой местной

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

вентиляции, $m^3 / ч$;

Z – количество вредных веществ, поступающих в помещение, $мг/ч$;

$C_{p.з.}$, $C_{пр}$, $C_{уд}$ – концентрации вредных веществ соответственно в воздухе рабочей зоны, в приточном и удаляемом воздухе, $мг/м^3$.

Определяется количество сварочной аэрозоли Z , выделяемой из флюса, $мг/ч$ по формуле(4.3)

$$Z_{\phi} = 1000 m_{\phi} \cdot Z_{\phi\epsilon},$$

(4.3)

где, m_{ϕ} – масса расходуемого флюса ($m = 6,627$ кг/ч);

$Z_{\phi\epsilon}^n$ – удельные выделения пыли (для флюса $Z_{\phi\epsilon}^n = 0.45$ $г/кг$);

$Z_{\phi\epsilon}^{MnO_2}$ - удельные выделения MnO_2 (для флюса $Z_{\phi\epsilon}^{MnO_2} = 0.013$ $г/кг$);

$Z_{\phi\epsilon}^{HF}$ - удельные выделения HF (для флюса $Z_{\phi\epsilon}^{HF} = 0.042$ $г/кг$)

$$Z_{\phi}^n = 1000 \cdot 6,627 \cdot 0,45 = 2982,15 \text{ мг/ч},$$

$$Z_{\phi}^{MnO_2} = 1000 \cdot 6,627 \cdot 0,013 = 86,15 \text{ мг/ч},$$

$$Z_{\phi}^{HF} = 1000 \cdot 6,627 \cdot 0,042 = 278,334 \text{ мг/ч}.$$

Определяется количество сварочной аэрозоли Z , выделяемой из электродной проволоки, $мг/ч$ по формуле(4.4)

$$Z_{л} = 1000 m_{л} \cdot Z_{л\epsilon},$$

(4.4)

где, $m_{л}$ – масса расходуемой электродной проволоки ($m = 13,254$ кг/ч);

$Z_{л\epsilon}^n$ – удельные выделения пыли (для электродной проволоки $Z_{л\epsilon}^n = 9$ $г/кг$);

$$Z_{л}^n = 1000 \cdot 13,254 \cdot 9 = 119286 \text{ мг/ч},$$

$Z_{л\epsilon}^{MnO_2}$ - удельные выделения MnO_2 (для электродной проволоки $Z_{л\epsilon}^{MnO_2} = 1.2$ $г/кг$);

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$Z_{л}^{MnO_2} = 1000 \cdot 13,254 \cdot 1,2 = 18904,8 \text{ мг/ч},$$

$Z_{лв}^{CrO_3}$ - удельные выделения CrO_3 (для электродной проволоки $Z_{лв}^{CrO_3} = 0,15 \text{ г/кг}$);

$$Z_{л}^{CrO_3} = 1000 \cdot 13,254 \cdot 0,15 = 1988,1 \text{ мг/ч},$$

$Z_{лв}^{Cr_2O_3}$ - удельные выделения Cr_2O_3 (для электродной проволоки

$$Z_{лв}^{Cr_2O_3} = 0,18 \text{ г/кг});$$

$$Z_{л}^{Cr_2O_3} = 1000 \cdot 13,254 \cdot 0,18 = 2385,72 \text{ мг/ч},$$

$Z_{лв}^{coedSi}$ - удельные выделения Cr_2O_3 (для электродной проволоки $Z_{лв}^{coedSi} = 0,8 \text{ г/кг}$);

$$Z_{л}^{coedSi} = 1000 \cdot 13,254 \cdot 0,8 = 10603,2 \text{ мг/ч}$$

Общее количество пыли в помещении:

$$Z_{\Sigma}^n = (Z_{\phi}^n + Z_{л}^n) = (2982,15 + 119286) = 122268,15 \text{ мг/ч}.$$

Общее количество MnO_2 в помещении:

$$Z_{\Sigma}^{MnO_2} = (Z_{\phi}^{MnO_2} + Z_{л}^{MnO_2}) = (86,15 + 18904,8) = 18990,95 \text{ мг/ч}.$$

Концентрация $C_{pz} = ПДК$ принимается в соответствии с *ГОСТ 12.1.005-88*.

ПДК:

для пыли – 4 мг/м^3 ;

для MnO_2 – $0,3 \text{ мг/м}$;

для HF – $0,5 \text{ мг/м}$;

для CrO_3 – $0,01 \text{ мг/м}$;

для Cr_2O_3 – 1 мг/м ;

для соединений Si – 2 мг/м ;

$$C_{np} \leq 0,3 \cdot ПДК.$$

$$C_{np}^n = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{np}^{HF} = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{np}^{CrO_3} = 0,3 \cdot 0,01 = 0,003 \text{ мг/м}^3;$$

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

$$C_{np}^{Cr_2O_3} = 0.3 \cdot 1 = 0.3 \text{ мг/м}^3 ;$$

$$C_{np}^{coedSi} = 0.3 \cdot 2 = 0.6 \text{ мг/м}^3 ;$$

При удалении воздуха за пределы рабочей зоны, концентрация рассчитывается по формуле (4.5)

$$C_{y\partial} = C_{np} + k_z(\text{ПДК} - C_{np}), \quad (4.5)$$

где, k_z – коэффициент воздухообмена.

$k_z = 1,3$ – при подаче воздуха на высоте 4 м.

$$C_{y\partial}^n = 1.2 + 1.3 \cdot (4 - 1.2) = 4.84 \text{ мг/м}^3 ;$$

$$C_{y\partial}^{MnO_2} = 0.09 + 1.3 \cdot (0.3 - 0.09) = 0.363 \text{ мг/м}^3 ;$$

$$C_{y\partial}^{HF} = 0.15 + 1.3 \cdot (0.5 - 0.15) = 0.605 \text{ мг/м}^3 ;$$

$$C_{y\partial}^{CrO_3} = 0.003 + 1.3 \cdot (0.01 - 0.003) = 0.0121 \text{ мг/м}^3 ;$$

$$C_{y\partial}^{Cr_2O_3} = 0.3 + 1.3 \cdot (1 - 0.3) = 1.21 \text{ мг/м}^3 ;$$

$$C_{y\partial}^{coedSi} = 0.6 + 1.3 \cdot (2 - 0.6) = 2.42 \text{ мг/м}^3 ;$$

Определяется расход воздуха для разбавления пыли:

$$L_{np} = 163 + \frac{244536,3 - 163 \cdot (4 - 1.2)}{4.84 - 1.2} = 67217,9 \text{ м}^3/\text{ч} .$$

Определяется расход воздуха для разбавления MnO_2 :

$$L_{np} = 163 + \frac{31981,9 - 163 \cdot (0.3 - 0.12)}{0.363 - 0.12} = 131655 \text{ м}^3/\text{ч} .$$

Определяется расход воздуха для разбавления HF :

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

$$L_{np} = 163 + \frac{556,668 - 163 \cdot (0.5 - 0.15)}{0.605 - 0.15} = 1261,1 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления CrO_3 :

$$L_{np} = 163 + \frac{3976,2 - 163 \cdot (0.01 - 0.003)}{0.0121 - 0.003} = 436982,67 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления Cr_2O_3 :

$$L_{np} = 163 + \frac{4771,44 - 163 \cdot (1 - 0.3)}{1.21 - 0.3} = 5280,96 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления соединений Si :

$$L_{np} = 163 + \frac{21206,4 - 163 \cdot (2 - 0.6)}{2.42 - 0.6} = 11689,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Необходимый расход воздуха принимается по наибольшему значению, полученному при расчете на CrO_3 :

$$L_{np} = 436982,67 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определяется концентрация пыли $C_в$ в воздухе, выбрасываемом местным отсосом по формуле (4.6)

$$C_в = 0.8 \cdot Z/L_M, \text{ мг/м}^3. \quad (4.6)$$

где, Z – количество вредных веществ, поступающих в помещение, мг/ч ;

L_M - объем воздуха, удаляемый при сварке под слоем флюса, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$C_в = 0.8 \cdot 244536,3/163 = 1200,2 \text{ мг/м}^3.$$

Определяется допустимая концентрация пыли C_n в вентиляционных выбросах по формуле(4.7)

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

$$C_n = k(160 - 4L_o), \quad (4.7)$$

где, $k=0.6$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны помещений на постоянных рабочих местах $ПДК_{рз} = 4 \text{ мг/м}^3$.

$$C_n = 0,6 \cdot (160 - 4 \cdot 163 \cdot 10^{-3}) = 95,61 \text{ мг/м}^3.$$

Так как $C_n < C_v$ ($95,61 \text{ мг/м}^3 < 1200,2 \text{ мг/м}^3$), то воздух, удаляемый местными отсосами в атмосферу необходимо подвергать очистке.

Для очистки вентиляционных выбросов от сварочного аэрозоля могут быть использованы пластинчатые электрофильтры, обеспечивающие эффективность очистки около 95%. Такими фильтрами целесообразно оборудовать крупные вентиляционные установки, к которым должны подключаться небольшие системы местной вытяжной вентиляции. Фильтры должны очищаться от осаждаемой сварочной пыли.

Выбирается схема общеобменной вентиляции (рисунок 4.1). Эта схема применима в высоких цехах, не требует протяженных воздуховодов и эффективно выполняет функции отопления, так как при подаче в верхнюю зону приточный воздух можно нагреть до $70-80^\circ\text{C}$. По этой схеме воздух интенсивно перемешивается и достигается равномерное распределение аэрозоля во всем объеме цеха.

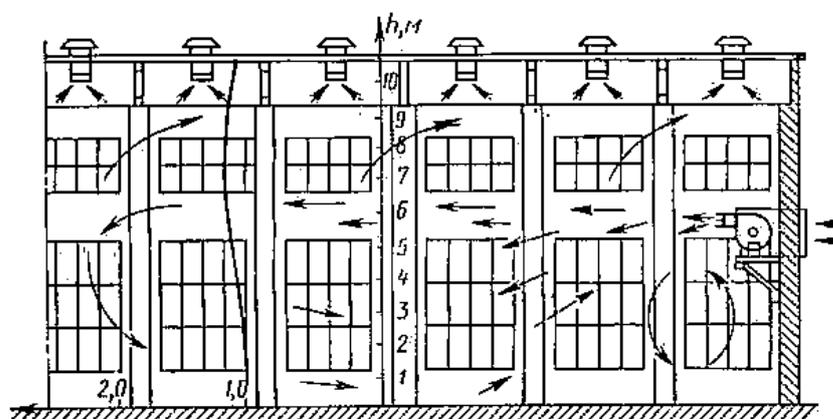


Рисунок 4.1 – Схема общеобменной вентиляции

						15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			65

Освещение

Освещение является одним из важнейших условий нормальной жизнедеятельности. Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда. Неудовлетворительное освещение вызывает преждевременное утомление, притупляет внимание работающего, снижает производительность труда, ухудшает качественные показатели и может оказаться причиной несчастного случая. Неудовлетворительное освещение в течении длительного времени может также привести в ухудшению зрения /5/.

Проектирование искусственного освещения ставит целью решение следующих задач: выбор системы освещения, типа источника света, светильника, расположение светильников, выполнение светотехнического расчета и определения мощности осветительной установки.

- Рассчитывается площадь участка по формуле (4.8)

$$S=A \cdot B, \quad (4.8)$$

где, S – площадь производственного участка, m^2 ;

A – длина участка ($A=24m$);

B – ширина участка ($B=9m$);

$$S = 24 \cdot 9 = 216m^2,$$

По СНиП 23-05-95 (табл. П1 /5/) назначается норма минимальной освещенности в помещении $E_n=300лк$.

Выбирается тип лампы по табл.3 /5/. Для высоты помещения $H=12m$ наиболее целесообразной является лампа ДРЛ. По табл. П6 /5/ принимается лампа ДРЛ 400. Ее характеристики: мощность $W=400Вт$, световой поток $\Phi=23000 лм$.

Выбирается тип светильника РСП 05-400-016-У3.

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

По ширине помещения $B=9\text{м}$ принимается схема 3 /5, рис.5/ размещения светильников: 2 ряда светильников, расположенных по углам строительных модулей. Определяются размеры $a=1.5\text{м}$, $l=3.5\text{м}$. Число светильников $N=13$.

Задается высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, по расчету по формуле (4.9).

$$H_p = H - H_1 - H_2, \text{ м} \quad (4.9)$$

где, H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м;

H – высота помещения, м;

H_1 – расстояние от светильника до потолка ($H_1=1\text{м}$), м;

H_2 – высота рабочей поверхности от пола ($H_2=1\text{м}$), м.

$$H_p = 12 - 1 - 1 = 10 \text{ м},$$

Определяется индекс помещения по формуле (4.10)

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (4.10)$$

где, i – индекс помещения;

A и B – длина и ширина помещения H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

$$i = \frac{24 \cdot 9}{10 \cdot (24 + 9)} = 0.654$$

Определяется величина светового потока от одной лампы по формуле(4.11)

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_n \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 216 \cdot 1.15 \cdot 1.8}{13 \cdot 1 \cdot 48} = 21500 \text{ лм} \quad (4.11)$$

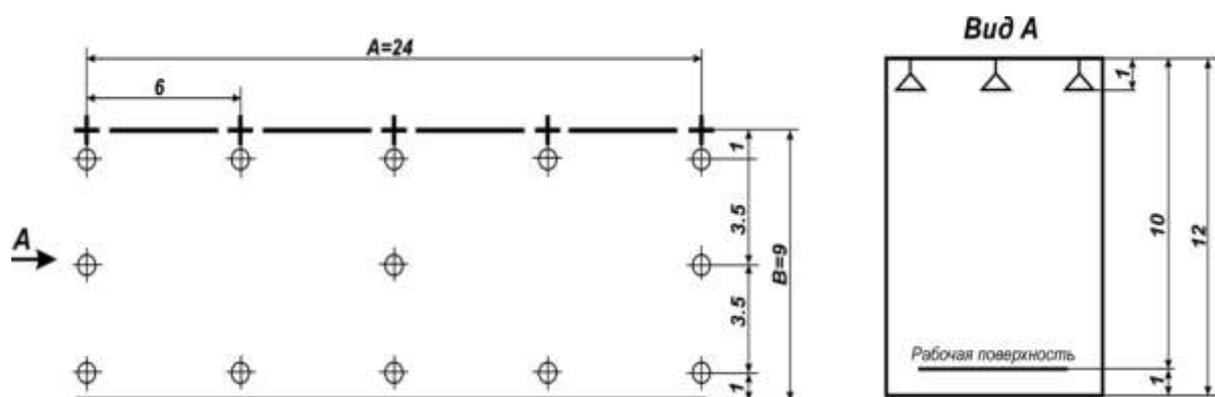
Допустимое отклонение расчетного значения светового потока от табличного установлено от -10 до $+20\%$. Для лампы ДРЛ 400 $\Phi_{\text{табл}}=23000\text{лм}$.

Проверяется выполнение данного условия:

$$\Delta = \frac{\Phi_{\text{табл}} - \Phi}{\Phi_{\text{табл}}} \cdot 100 = \frac{23000 - 21500}{23000} \cdot 100 = 6.52\%$$

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

Эта величина меньше +20%, условие выполняется.



Светильники необходимо очищать от загрязнений (пыль, дым, копоть) не реже 3 раз в месяц.

Излучение

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых глазом так называемых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Интенсивность лучистой энергии в основном зависит от силы сварочного тока и величины напряжения.

Видимые световые лучи ослепляют, так как их яркость превышает физиологически переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи обладают главным образом тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. При современных способах сварки тепловая радиация на рабочем месте может составлять $0.5-6 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$. Источниками тепловой радиации являются дуга и в меньшей степени нагретый металл.

										15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							68

Продолжение таблицы 4.2

Зубило	ГОСТ 7211-86	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Плоскогубцы комбинированные	ГОСТ 5547-86	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Отвертка с диэлектрической ручкой		Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Ключ разводной 30	ГОСТ 7275-75	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Молоток	ГОСТ 2310-77	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Набор шаблонов		Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Комплект клейм	ГОСТ 2526-83	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Метр складной металлический	ГОСТ 427-75	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Шлакоотделитель		Автоматическая сварка
Совок для сбора флюса		Автоматическая сварка
Покровное стекло		Полуавтоматическая сварка

Шум

Источниками шума в сборочно-сварочных цехах могут быть работающие

сварочные преобразователи, трансформаторы, выпрямители, сварочная дуга, вентиляционные установки. Для рабочих мест производственных помещений уровень звука не должен превышать 80 дБА.

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ					

Для снижения шума технологическое и вентиляционное оборудование предусмотрено устанавливать на виброизолирующие основания. Присоединение воздуховодов к вентиляторам следует выполнять с помощью виброизолирующих брезентовых вставок.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется пользоваться индивидуальными средствами защиты – противошумными наушниками или вкладышами по ГОСТ 15762 – 70.

Микроклимат

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой, и поддержание оптимального и допустимого состояния организма.

Для предотвращения неблагоприятных воздействий микроклимата рабочего места производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние и здоровье человека устанавливаются санитарно-гигиенические требования к параметрам микроклимата.

Оптимальные нормы обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течении рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. Наплавка под слоем флюса относится к категории энергозатрат 2б.

Допустимая интенсивность теплового облучения устанавливается в зависимости от источника излучения и облучаемой поверхности тела человека (таблица 4.3).

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Таблица 4.3 – Допустимая величина микроклимата и теплового излучения для категорий работ II Б по САНПиН 2.2.4.548-96.

Источник	Интенсивность E, Вт/м ²	Облучаемая поверхность тела S, %
Источники, нагретые до темного свечения	100	Не более 25
Источники, нагретые до красного или белого свечения (нагретый металл, открытое пламя)	Не более 140	Не более 25 Обязательное использование средств индивидуальной защиты глаз, лица

4.2 Обеспечение безопасности жизнедеятельности на участке

Электробезопасность

Все электрооборудование участка должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» и действующим ГОСТ 12.2.007.8-75 и ГОСТ 12.2.007.0-75, а его эксплуатация - «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Применяемое электрооборудование, подключения, устройство заземления на проектируемом участке, осуществляется в соответствии с правилами по технике безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Для предупреждения поражения сварщика электрическим током предусмотрены следующие требования /4/:

- при сварке под флюсом каждый сварочный аппарат имеет отдельный

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

заземляющий провод, подсоединяемый непосредственно к заземляющей магистрали. Не допускается использование контура заземления в качестве обратного провода. Кроме того, напряжение в цепях автоматической аппаратуры выше, чем при ручной дуговой сварке, поэтому все неподвижные провода заключают в металлические трубки, а подвижные – в резиновые рукава, обшитые брезентом или обмотанные в два слоя киперной (прорезиненной) лентой. Все части автоматов, которые в случае повреждения изоляции могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены. Номинальный ток плавких предохранителей не должен быть выше предельного тока, указанного в паспорте установки.

- переключательное устройство снабжают защитным кожухом во избежание случайных прикосновений. Во время снятия или установки наплавляемой детали, смены кассеты с электродной лентой и при других подготовительных работах наплавочную установку следует отключать от питающей сети.
- наружные клеммы электрооборудования защитить кожухами. Не допускается прикасаться голыми руками к токоведущим частям включенного сварочного оборудования.
- шкаф управления постоянно закрыт на замок. Доступ в шкаф управления разрешается только специально назначенному лицу. При осмотрах и ремонте шкафа управления необходимо схему полностью отключить на цеховом щите.
- при обнаружении повреждений электрических цепей в источнике питания, автомате, полуавтомате необходимо отключить оборудование и сообщить мастеру.

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3 Обеспечение взрывопожарной безопасности

По классификации производств по пожарной безопасности, приведенной в техническом регламенте по требованиям пожарной безопасности от 22.07.08 №123-ФЗ, проектируемый участок относится к категории «Г» - пожароопасного производства, в котором обращаются негорючие вещества и материалы в горячем состоянии.

Пожара опасны различные виды сварки и наплавки не только из-за отлетающих раскаленных металлических частиц, но и по причине возможности возникновения пожара из-за неисправности сварочного оборудования. Так, при неправильном устройстве обратного провода, соединяющего аппарат с изделием, его сопротивление прохождению тока может оказаться выше, чем сопротивление других обходных путей, и тогда часть сварочного тока (так называемый блуждающий ток) протекает по этим новым путям, что приводит к искрению и нагреву мест со значительным переходным сопротивлением. В результате этого может произойти воспламенение горючих материалов, расположенных в зоне прохождения обратного провода.

Предусмотрено, что места, отведенные для проведения сварочных работ и установки сварочных агрегатов и трансформаторов, должны быть очищены от легковоспламеняющихся материалов в радиусе не менее 5 м.

При проведении сварочных работ запрещается пользоваться одеждой и рукавицами со следами масел и жиров, бензина, керосина и других горючих жидкостей.

Перед началом работы сварщик проверяет исправность сварочной аппаратуры, подготовленность рабочего места в противопожарном отношении: наличие средств пожаротушения, внутренних пожарных кранов, песка, огнетушителей. Если рабочее место не подготовлено, к работам приступать нельзя. Во время работы не допускается попадание искр

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

расплавленного металла и разбрасывание электродных огарков на горючие конструкции и материалы, а после работы рабочее место тщательно осматривается.

Нельзя загромождать и закрывать пожарные проходы к пожарному инвентарю.

Лица, не сдавшие испытания по сварочным работам, а также не прошедшие предварительную проверку знаний ими правил пожарной безопасности, к выполнению сварочных работ, даже временных, не допускаются.

При возникновении пожара или загорания необходимо немедленно отключить сварочную установку. Подать сигнал пожарной тревоги и сообщить о пожаре мастеру, руководителем, позвонить в пожарную охрану. До прибытия пожарной охраны необходимо приступить к ликвидации пожара наиболее целесообразными для данной ситуации способами.

На проектируемом участке предусматривается:

- а) пожарный щит, в комплект которого входят огнетушитель углекислотный ОУ-8 – 2 шт, два ящика с песком;
- б) стены и здания, перекрытия и полы изготавливаются из негорючего материала;
- в) на участке установлен пожарный кран;
- г) эвакуация людей на случай пожара производится согласно плану эвакуации.

Основным условием безопасности систем, находящихся под давлением, являются достаточная их прочность и герметичность, которые в условиях эксплуатации гарантируются соблюдением режимов эксплуатации и надежностью работы контрольно - измерительной аппаратуры и предохранительных устройств.

С целью предупреждения аварий введены обязательные для всех предприятий и организаций «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». Соблюдение этих правил

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

15.03.01.2020.126.00 ПЗ

контролирует Ростехнадзор. Правила определяют требования к устройству, изготовлению, монтажу, ремонту и эксплуатации сосудов, работающих под давлением свыше 0.7атм /8/.

Цеховые газопроводы, как правило, прокладывают открыто по стенам или колоннам зданий. Возможна также прокладка в непроходимых каналах, засыпаемых песком и перекрывааемых съёмными несгораемыми плитами. Допускается совместная прокладка кислородопроводов и трубопроводов с горючими газами, в одном канале при условии устройства разделительной стенки и засыпки обоих отделений канала песком.

Газопроводы изготовляют из стальных бесшовных труб. Исключение составляют кислородопроводы высокого давления, изготовляемые из медных или латунных труб. Трубы должны соединяться сваркой. Резьбовые и фланговые соединения допускаются только в местах установки отключающих устройств, контрольно - измерительных приборов и другой арматуры. После монтажа новых газопроводов или после их капитального ремонта проводят испытания внутренним давлением на прочность и плотность.

Все новые трубопроводы должны иметь опознавательную (определенного цвета) окраску. Дополнительными мерами безопасности служат сигнальные цветные кольца, нанесенные на трубопроводы, предупреждающие знаки, маркировочные щитки и надписи на трубопроводах.

Охрана окружающей среды

От успешного решения проблемы охраны окружающей среды зависит работоспособность людей.

Основные направления научно - технического прогресса по охране

									Лист
									76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

окружающей среды:

- разработка и внедрение систем, целиком охватывающих весь технологический процесс;
- совершенствование технологического процесса с целью сокращения выбросов вредных веществ в окружающее пространство, улучшение очистки отходящих газов от вредных примесей;
- разработка и внедрение высокоэффективных газоуловительных аппаратов, водоочистки;
- совершенствование оборудования, а также приборов автоматических систем контроля;
- расширение защитных лесопосадок; создание новых и благоустройство новых земельных зон;
- разработка и внедрение на предприятии безотходной технологии, внедрение бессточных систем водоиспользования и увеличение мощности систем оборотного использования воды. В данном дипломном проекте разработаны и предложены для использования следующие меры по охране окружающей среды:

1. Местный отсос воздуха и общая вентиляция с использованием фильтрующих элементов.
2. Использование бессточных систем очистки воды.
3. Озеленение земельных участков между цехами и увеличение лесопосадок вокруг территории завода.

4.4 Раздел гражданской обороны

Способы и средства защиты людей от оружия массового поражения

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

В разработанном проекте для защиты работающих от всех видов оружия массового поражения предусмотрено убежище, которое построено на расстоянии 100 метров от цеха, в котором находится участок сварки и термообработки труб.

Это необходимо, чтобы работающие люди на заводе за достаточно короткое время могли укрыться в убежище. Убежище должно располагаться в 100 и более метрах от мест, взрывоопасных и пожароопасных цехов, складов и на расстоянии не менее 20 метров от магистральных водопроводов и теплотрасс.

Укрытие засыпано слоем земли не менее 80 сантиметров. В укрытии установлены вентиляция и канализация, линии электроснабжения и водоснабжения, средства связи. Все укрытия снабжены ломом, кирками, лопатами и другими инструментами.

В каждой смене имеются индивидуальные средства защиты органов зрения, дыхания и кожи:

- противогазы;
- респираторы;
- защитные маски.

Для защиты кожи человека используются легкие костюмы П-1.

Индивидуальные средства защиты хранятся в специальных шкафах в цехе.

Защита оборудования и помещений

Для защиты оборудования от механического воздействия при ядерном взрыве производится ряд мероприятий инженерно - технического плана. При угрозе нападения:

- должна быть заделана часть оконных и дверных проемов мешками с

									Лист
									78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.126.00 ПЗ				

проводятся учебные воздушные тревоги.

Заключение

В дипломном проекте проведен анализ базового технологического процесса изготовления труб диаметром 630x16 мм и выявлены недостатки, такие как большой расход сварочных материалов и увеличенной зоны термического влияния на околошовную зону.

Внедрение проекта позволит сократить расходы сварочных материалов и улучшить качество сварного шва, что позволит снизить готовую себестоимость конечного продукта.

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

21. Логанов Д.Т., Механизация котельно-заготовительного и сборочно-сварочного производства. /Логанов Д.Т., Банников М.Т., Петропавловский Ю.К. – М.: Машиностроение, 1989. – 120 с.
22. Медовар Б.И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей. – Киев, 1958. – 336 с.
23. Федосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. – 9-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 512 с.
24. Кульневич Б.Г., Задания для курсовых работ по гидравлике: Учебное пособие. /Кульневич Б.Г., Кульневич Т.В., Кузьмина Н.Д. – Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1983. – 46 с.
25. Акулов А.И., Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов./ Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В. П. М.: Машиностроение, 1977. – 432с.
26. В.В. Смирнова., Оборудование для дуговой сварки: Справочное пособие / Под ред. В.В. Смирнова. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 656 с.
27. Воронов Е.Л., Оборудование заводов металлических конструкций: Учебник для техникумов. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.

					15.03.01.2020.126.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83