

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

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

Факультет «Заочный»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

М.А. Иванов

« 10 » июня 2019 г.

Совершенствование технологии сборки и сварки кольцевых стыков при
изготовлении узлов магистральных газопроводов в условиях АО СОТ

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.03.01.2019.021 ПЗ ВКР**

Руководитель работы

Должность

Подпись

И.О., Фамилия

« 06 » июня 2019 г.

Автор работы

студент группы П-540

2019_540_tsyganovaks

« 06 » июня 2019 г.

Нормоконтролёр

старший преподаватель

Ю.В. Безганс

« 10 » июня 2019 г.

Челябинск, 2019

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	9
1.1 Описание конструкции узла	9
1.2 Анализ применяемого материала	13
1.3 Условия эксплуатации соединительного узла	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	17
2.1 Базовый вариант технологии изготовления	17
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.....	28
2.2.1 Выбор способа сварки	28
2.2.2 Описание предлагаемой технологии	30
2.3 Выбор сварочных материалов	30
2.4 Расчет режимов сварки	32
2.5 Выбор оборудования для сборки и сварки.....	46
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА.....	52
3.1 Способы и средства контроля качества.....	52
3.2 Допустимые и недопустимые дефекты	54
3.3 Оборудование для контроля качества	55
3.4 Методика контроля.....	58
3.4.1 Визуальный и измерительный контроль.....	58
3.4.2 Ультразвуковой контроль	59
3.4.3 Радиографический контроль.....	60
3.4.4 Капиллярный контроль	61
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	62
4.1 Электробезопасность.....	63
4.2 Техника безопасности при сварочных работах	67
4.3 Вентиляция	68
4.4 Работа в особо опасных условиях	69

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

4.5 Пожарная безопасность	69
4.6 Планировка участка.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	75

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие технологических обвязок компрессорных и газоперекачивающих станций газопромысловых сооружений требует усложнения конструкции для учета многих факторов работы. Так, при проведении технического перевооружения на газоперекачивающей станции требуется большее количество переходных и распределительных узлов для ответвлений. При этом узлы изготавливаются из деталей и вставок в различном сочетании.

Производство этих деталей на месте проведения работ является достаточно сложной задачей из-за повышенных требований к изготовлению, большой трудоемкости, низкой производительности. Повысить объем выпуска узлов ответвлений возможно лишь при их изготовлении в цеховых условиях.

В выпускной квалификационной работе рассматривается технология изготовления узла соединительного. Он предназначен для изменения направления движения сжиженного газа или для изменения диаметра присоединяемого трубопровода, заглушки свободных концов труб, а также для присоединения труб с другими трубами.

При изготовлении узла соединительного при существующем варианте технологии изготовления применяется автоматическая орбитальная сварка в среде защитных газов.

Целью работы является усовершенствование технологии изготовления узла путем изменения технологии сварки при выполнении заполняющих и облицовочных слоев шва с автоматической орбитальной в среде защитных газов на автоматическую под слоем флюса.

Применение предлагаемого варианта технологии изготовления позволит увеличить качество и производительность.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание конструкции узла

В выпускной квалификационной работе рассматривается соединительный узел магистрального газопровода, показанный на рисунке 1.1.

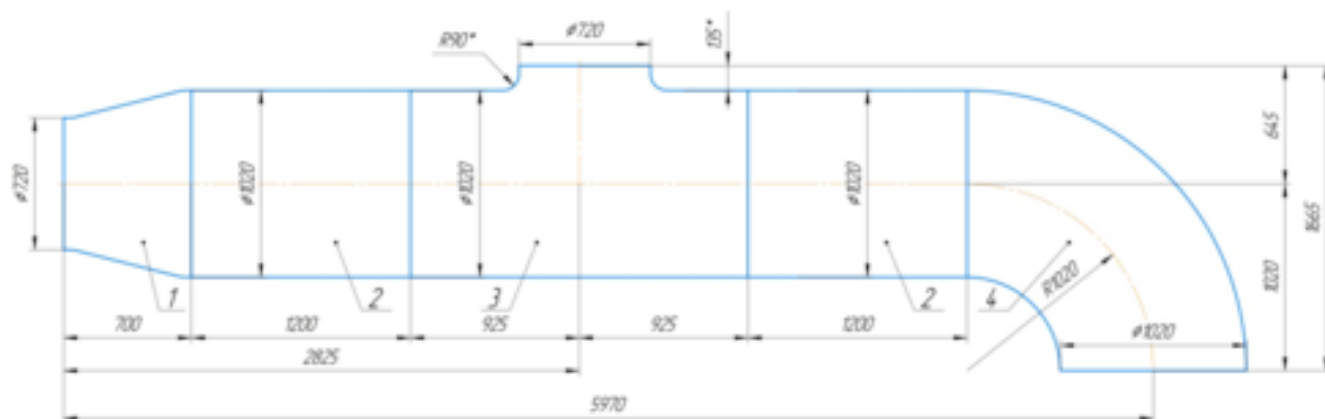


Рисунок 1.1 – Узел соединительный:

1 – Переход 720×1020×22; 2 – Кольцо переходное 1020×22; 3 – Тройник 720×12/1020×22; 4 – Отвод ОКШ 90°-1020×22(22К60)-15-1DN-У

~~[сначала ставим рис, название, а затем 1 – это; 2 – это...Замечание здесь и далее ко всем рисункам. СТО ЮУрГУ п.4.17] (Исправлено)~~

Узел соединительный применяется при транспортировке газа по магистральному газопроводу для обеспечения возможности смены направления транспортировки, а также для перехода к технологическому трубопроводу меньшего диаметра. Наиболее часто такие узлы используются на газораспределительных станциях. Давление транспортируемой среды составляет 9,8 МПа.

Отвод ОКШ 90°-1020×22(22К60)-15-1DN-У (позиция 4, рисунок 1.1) расшифровывается следующим образом;

- ОКШ – отвод крутоизогнутый штампованный;
- 90° – угол поворота;
- 1020×22 – типоразмер отвода;
- 22К60 – предназначен для стыкования с трубой класса прочности К60 с

толщиной стенки 22 мм;

- 15 – расчетное давление трубопровода, МПа;
- 1DN – радиус поворота отвода, равный 1 номинальному диаметру отвода;
- У – климатическое исполнение в соответствии с ГОСТ 15150 (умеренный климат), то есть температура эксплуатации газопровода $-40^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$.

Отвод изготавливается из прямошовной трубы (труба также одношовная) диаметром 1020 мм с толщиной стенки 22 мм методом горячей деформации. Гибка трубы для отвода производится в специальном стане, на котором применяется индукционный нагрев. Отвод показан на рисунке 1.2.

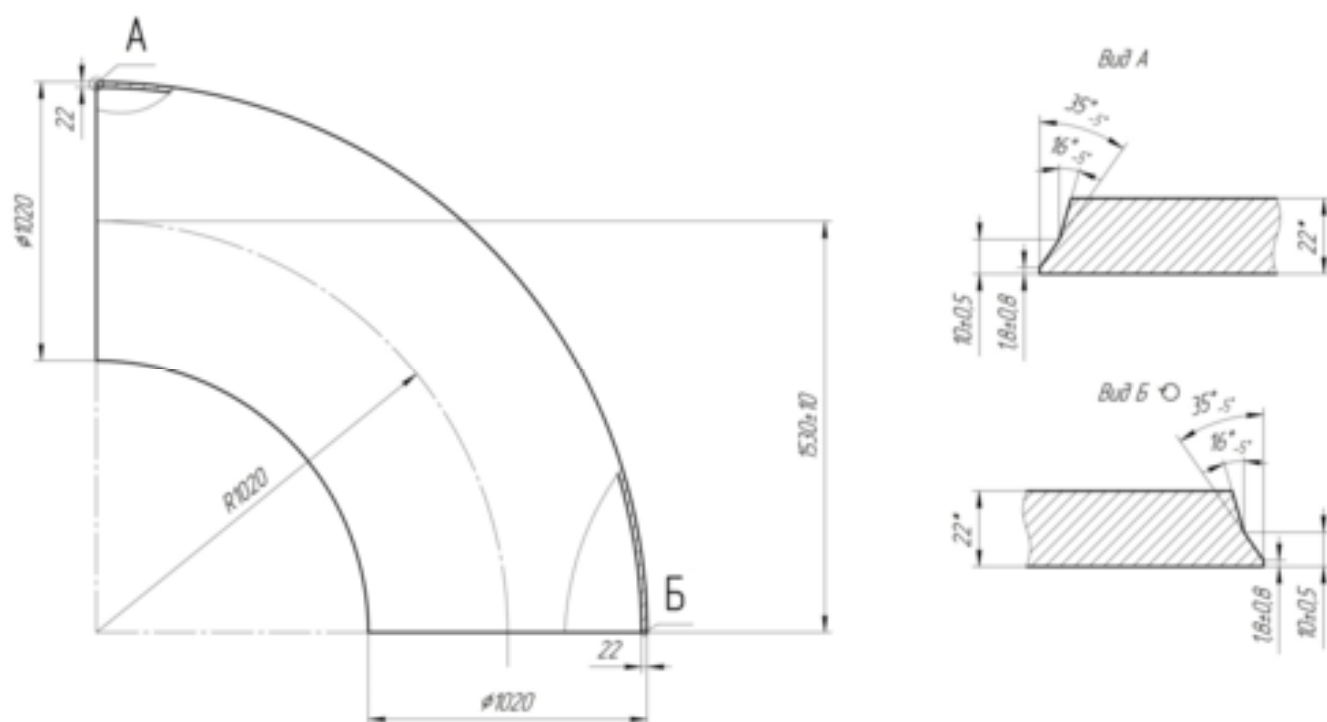


Рисунок 1.2 – Отвод

После гибки на отводе при помощи точения на торцах изготавливаются двухугловые фаски (как показано на рисунке 1.2). Данный тип фасок применяется при изготовлении труб и соединительных деталей с толщиной стенки более 15 мм. Отвод предназначен для изменения направления транспортируемой среды.

Так как отвод изготавливается не из всей трубы, то оставшуюся ее часть использую для изготовления колец переходных (позиция 2, рисунок 1.1), показанных на рисунке 1.3.

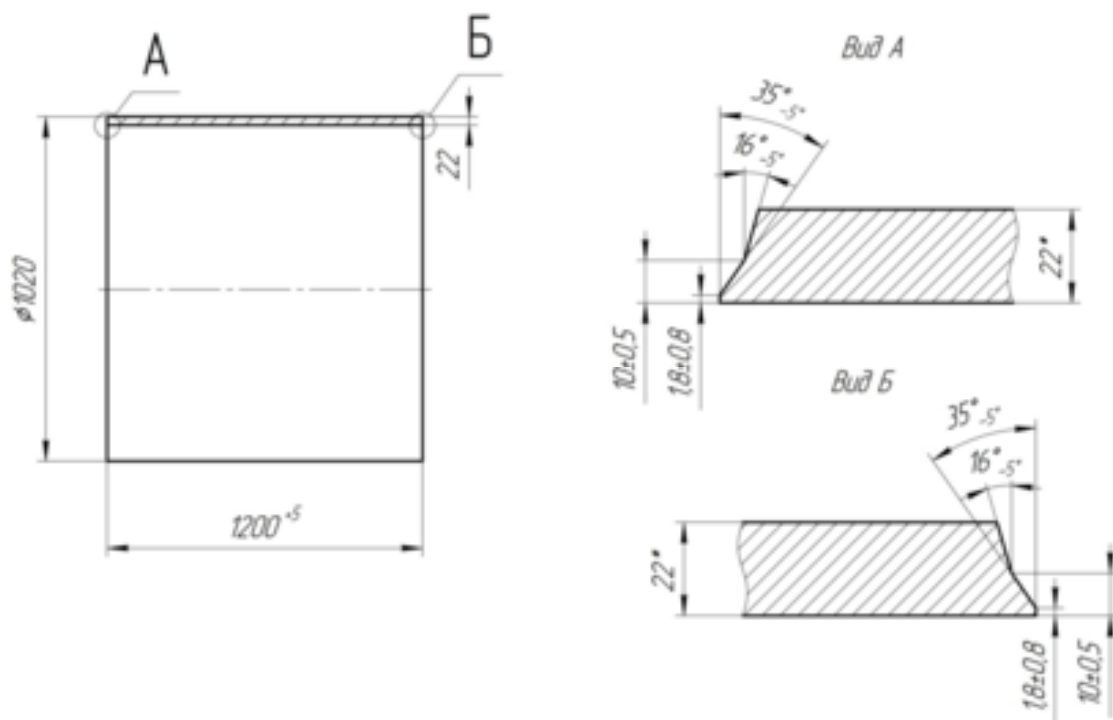


Рисунок 1.3 – Кольцо переходное

Кольцо изготавливается из отрезка трубы методом точения. После отрезания кольца от заготовки трубы на торцах производится нарезание фасок, как показано на рисунке 1.3. Кольцо переходное предназначено для снижения концентрации напряжений при соединении между собой сложнагруженных элементов трубопроводов.

Переходы (позиция 1, рисунок 1.1) изготавливаются методом штамповки на прессах. Переход показан на рисунке 1.4.

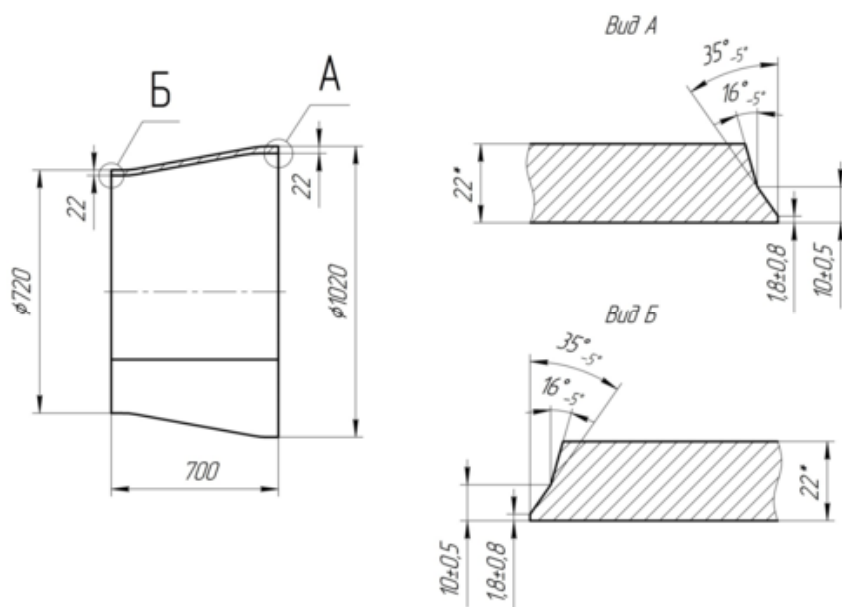


Рисунок 1.4 – Переход

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Переход изготавливается из трубы диаметром 1020 мм с толщиной стенки 22 мм. После штамповки на торцевых поверхностях перехода нарезаются фаски методом точения, как показано на рисунке 1.4. Переход предназначен для обеспечения уменьшения диаметра одного газопровода к другому.

Тройник (позиция 3, рисунок 1.1) изготавливается из трубы диаметром 1020 мм с толщиной стенки 22 мм методом горячей штамповки горловины. Тройник показан на рисунке 1.5.

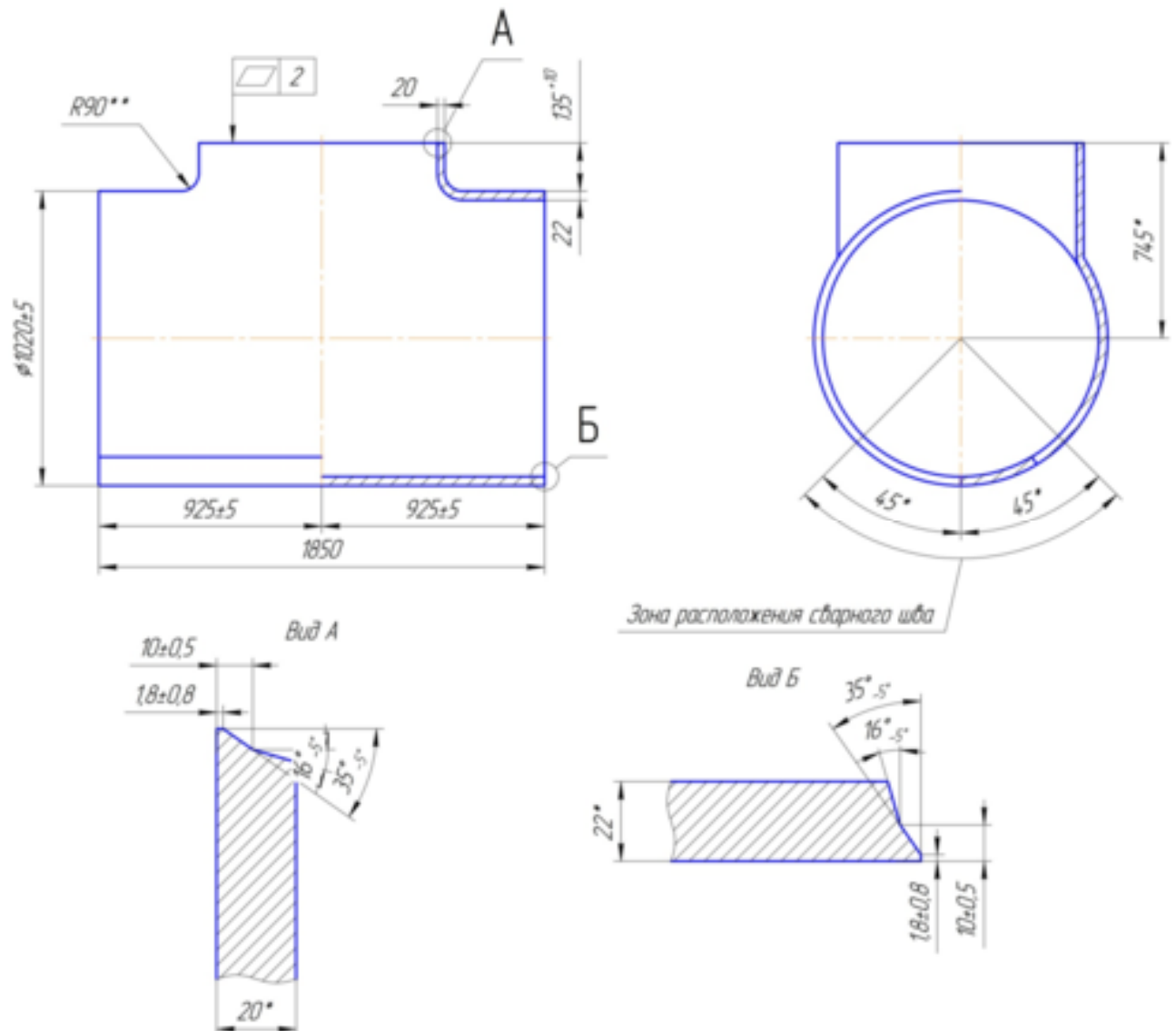


Рисунок 1.5 – Тройник

Горловина тройника изготавливается диаметром 720 мм с толщиной стенки 20 мм. После штамповки на торцах тройника изготавливаются фаски методом точения, как показано на рисунке 1.5. Тройник предназначен для изменения направления транспортировки части среды.

1.2 Анализ применяемого материала

При изготовлении соединительного узла магистрального газопровода применяется низкоуглеродистая низколегированная сталь марки 10Г2ФБЮ, поставляемая для изготовления деталей (труб) в виде листового проката. Поставка производится по химическому составу согласно требованиям.

В соответствии с [1], сталь 10Г2ФБЮ состоит из химических элементов, представленных в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ [1]

В процентах

C	Si	Mn	V	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	Nb	Ti
				Не более							
0,08... 0,13	0,15... 0,35	1,60... 1,80	0,05... 0,12	0,035	0,03	0,30			0,02... 0,05	0,02... 0,05	0,01... 0,035

При изготовлении соединительных деталей с классом прочности К60 (марка стали 10Г2ФБЮ) их механические свойства должны соответствовать представленным в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 10Г2ФБЮ [1]

Класс прочности	Предел текучести σ_T , МПа	Предел временного сопротивления σ_B , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %
	Не менее		
К60	534	590	22

Среднее значение ударной вязкости, поверенное по результатам испытаний трех образцов Шарпи (KCV) при температуре испытаний -40°C должно быть не менее 55 Дж/см^2 , при этом одиночное значение не должно быть менее 45 Дж/см^2 . Испытания должны быть проведены в соответствии с [2].

Указанные механические свойства стали 10Г2ФБЮ достигаются путем применения дополнительной термообработки либо использования при

											Лист
											13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ						

изготовлении листового проката контролируемой прокатки.

Склонность стали к образованию холодных трещин при сварке, а также необходимость предварительного подогрева (в случае наличия склонности к образованию холодных трещин) оценивается исходя из величины углеродного эквивалента. Углеродный эквивалент ($C_{\text{Э}}$) рассчитывается по различным формулам.

Для стали марки 10Г2ФБЮ углеродный эквивалент рассчитывается по формуле (1.1) из [1]:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \sum(\text{V} + \text{Ti} + \text{Nb})}{5} + \frac{\text{Cu} + \text{Ni}}{15}, \quad (1.1)$$

где C, Mn, Cr, Mo, V, Ni, Cu – массовые доли в стали углерода (C), марганца (Mn), хрома (Cr), молибдена (Mo), ванадия (V), титана (Ti), ниобия (Nb), никеля (Ni) и меди (Cu) по результатам отбора ковшовой пробы на металлургическом заводе, %.

Подставляя значения химических элементов стали 10Г2ФБЮ, указанные в таблице 1.1, в формулу (1.1) получим, что значение углеродного эквивалента ($C_{\text{Э}}$) составляет

$$C_{\text{Э}} = 0,13 + \frac{1,8}{6} + \frac{0,3 + \sum(0,12 + 0,035 + 0,05)}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,571, \%$$

Максимально допустимое значение углеродного эквивалента для низкоуглеродистых низколегированных сталей, при котором не применяется предварительный подогрев, составляет 0,46 %. Полученное значение эквивалента углерода $C_{\text{Э}} = 0,571$ % превышает требуемое 0,46 %. Поэтому, перед сваркой стыкового шва труб необходим предварительный подогрев.

Температура предварительного подогрева (T_0) рассчитывается по формуле (1.2) из [3]:

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

$$T_0 = 350 \cdot (|C|_{\text{Э}} - 0,25)^{0,5}, \quad (1.2)$$

где $|C|_{\text{Э}}$ – полный эквивалент углерода, %.

Полный эквивалент углерода ($|C|_{\text{Э}}$) рассчитывается по формуле (1.3) из [3]:

$$|C|_{\text{Э}} = |C|_{\text{Х}} + |C|_{\text{Р}}, \quad (1.3)$$

где $|C|_{\text{Х}}$ – химический эквивалент углерода, %;

$|C|_{\text{Р}}$ – размерный эквивалент углерода, %.

Химический эквивалент углерода ($|C|_{\text{Х}}$) рассчитывается по формуле (1.4) из [3]:

$$|C|_{\text{Х}} = C + \frac{\text{Mn} + \text{Cr}}{9} + \frac{\text{Ni}}{18} + \frac{7\text{Mo}}{90}, \quad (1.4)$$

где C, Mn, Cr, Mo, Ni – массовые доли в стали углерода (C), марганца (Mn), хрома (Cr), молибдена (Mo), никеля (Ni) по результатам отбора ковшовой пробы на металлургическом заводе, %.

Подставляя принятые значения содержания химических элементов в формулу (1.4) получим, что значение химического эквивалента углерода ($|C|_{\text{Х}}$) составляет

$$|C|_{\text{Х}} = 0,13 + \frac{1,8 + 0,3}{9} + \frac{0,3}{18} = 0,38, \%$$

Размерный эквивалент углерода ($|C|_{\text{Р}}$) рассчитывается по формуле (1.5) из [3]:

$$|C|_{\text{Р}} = 0,005S|C|_{\text{Х}}, \quad (1.5)$$

где S = 22 – толщина свариваемых деталей, мм.

Тогда, по формуле (1.5) получим, что значение размерного эквивалента

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

углерода ($|C|_p$) составляет

$$|C|_p = 0,005 \cdot 22 \cdot 0,38 = 0,042, \%$$

Подставляя полученные значения химического эквивалента углерода ($|C|_x$) и размерного эквивалента углерода ($|C|_p$) в формулу (1.3) получим, что значение полного эквивалента углерода ($|C|_э$) составляет

$$|C|_э = 0,38 + 0,042 = 0,422, \%$$

Подставим полученное значение полного эквивалента углерода ($|C|_э$) в формулу (1.2) и получим, что значение температуры предварительного подогрева (T_0) составляет

$$T_0 = 350 \cdot (0,422 - 0,25)^{0,5} = 145,2, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Значение температуры предварительного подогрева для стали 10Г2ФБЮ получено исходя из максимального содержания химических элементов. При проверке сертификатных данных на применяемые материалы фактическое значение углеродного эквивалента не превышает 0,46 %, следовательно, предварительный подогрев при сварке соединительного узла газопровода не применяется.

1.3 Условия эксплуатации соединительного узла

Узлы являются одними из важных элементов трубопроводной системы. Благодаря их использованию в составе магистральных трубопроводов, возможно изменить направление транспортировки среды, обойти участки с неблагоприятными грунтами. Узлы испытывают на себе те же нагрузки, что и прямые участки трубопроводов с той разницей, что из-за геометрии на них

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

увеличиваются некоторые виды нагрузений, а также появляется вероятность гидроудара. В процессе эксплуатации узлы воспринимают следующие виды нагрузений:

- растяжение;
- сжатие;
- изгиб;
- кручение;
- влияние на основной металл агрессивных сред;
- внутреннее давление.

Совокупность данных нагрузок требует при конструировании узлов уделять особое внимание их работоспособности, прочности, долговечности и надежности в целом.

Выводы по разделу 1:

В разделе 1 рассматривается конструкция узла соединительного. Рассмотрены детали, из которых состоит узел, а также применяемый основной материал. Для него рассчитана свариваемость и определена температура предварительного подогрева.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологии изготовления

При изготовлении соединительных узлов газопроводов в условиях АО «СОТ» применяется следующий порядок:

- изготовление перехода, отвода, тройника, колец переходных;
- сборка;
- сварка;
- контроль.

В начале производства проводится входной контроль труб на соответствие требованиям нормативной документации. При входном контроле, в первую

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

очередь, проверяются сертификаты качества на поставляемые трубы. В сертификате качества должна быть указана следующая основная информация:

- типоразмер труб;
- класс прочности труб;
- химический состав и механические свойства (по результатам контроля плавки и партии);
- способ изготовления листового проката для труб;
- нормативный документ, по которому производится поставка и изготовление труб;
- информация о проведенном контроле качества труб.

Сертификат качества выдается на каждую трубу.

При проверке сертификата также производится сверка маркировки на поверхности трубы и номера клейма с сертификатными данными.

При несоответствии какого-либо параметра сертификатным данным, труба откладывается в изолятор брака для принятия комиссионного решения о возможности запуска ее в производство. Эта же процедура применяется при отсутствии сертификата на трубы.

Трубы, которые признаны соответствующими сертификатным данным проверяют на соответствие геометрических параметров. В процессе контроля проверяются следующие размеры:

- длина трубы (проверяется на соответствие данных, указанных в сертификате);
- диаметр, вычисленный через периметр (измерение [«вычисленный»] через периметр); (Скорректировано)
- толщина стенки;
- косина реза;
- отклонение профиля наружной поверхности от окружности (отклонение от теоретической окружности).

При контроле геометрии параллельно проверяется качество наружной и внутренней поверхности. При обнаружении поверхностных дефектов глубиной

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

более 0,2 мм производится их зачистка с последующим контролем остаточной толщины стенки. Остаточная толщина стенки не должна быть менее 21,2 мм. При меньшем значении трубу бракуют и отправляют в изолятор брака. Далее принимается решение о возможности использования трубы для изготовления каких-либо соединительных деталей без использования бракованной части.

После входного контроля трубы отправляются на участок заготовок для изготовления отвода, колец переходных, тройника, перехода.

Раскрой труб производится на специальном стане, предназначенном для раскроя труб на катушки и точения фасок катушек с помощью фаскообрабатывающего оборудования марки Supercutter производства фирмы «GBC Industrial Tools», схема которого показана на рисунке 2.1.

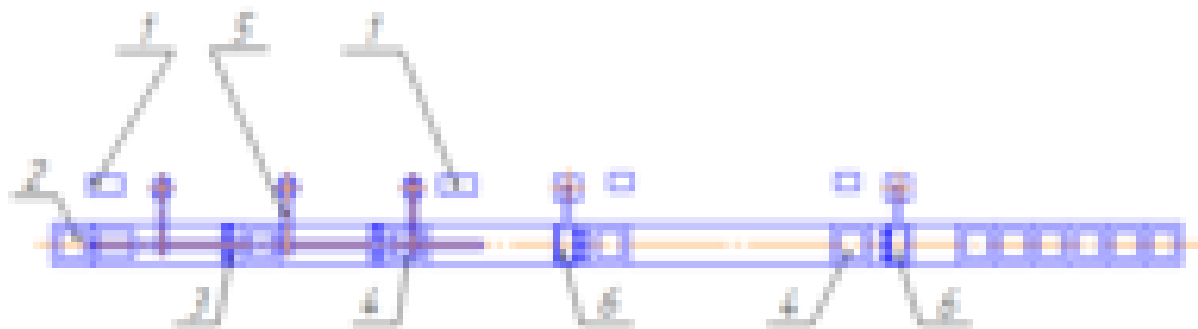


Рисунок 2.1 – Стан для раскроя труб на катушки:

1 – Гидростанции, питающие Supercutter; 2 – Планшайба зажимная с гидроприводом и гидроподъемом; 3 – Supercutter; 4 – Тележка опорная с роликами и фиксаторами; 5 – Кран-балка строенная консольная; 6 – Деовализатор

(Исправлено)

После того, как детали изготовлены, проводится их контроль. В процессе контроля проверяются следующие параметры:

- углы скоса фасок;
- косина реза;
- длина заготовок;
- радиусгиба для отвода;
- овальность;
- величина притупления на фаске;

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

- плоскостность торцовых поверхностей тройника;
- длина цилиндрических концевых участков на переходе;
- плоскостность торцовых поверхностей перехода;
- качество поверхности.

После визуального контроля на торцах всех деталей проводится цветная капиллярная дефектоскопия для проверки выходящих на торцы расслоев. Концевые участки всех деталей на расстоянии не менее 40 мм от торца проверяются ультразвуковым контролем на расслой. Швы деталей проверяются ультразвуковым контролем.

При обнаружении каких-либо недопустимых дефектов производится их оценка, а также оценивается возможность их устранения без последствий для детали. При невозможности их устранить, детали отправляются в изолятор брака для принятия решения по ним.

Принятые по результатам контроля соединительные детали отправляют на участок сборки и сварки.

Перед сборкой внутренняя поверхность деталей должна быть очищена от каких-либо загрязнений. При использовании деталей, лежащих на складе, требуется провести зачистку свариваемых кромок на длину не менее 150 мм до металлического блеска, а также провести зачистку внутренней и наружной прикромочных зон на участке длиной не менее 25 мм.

Усиление заводских продольных швов деталей удаляется снаружи до величины 0...0,5 мм. Длина данного участка составляет 15...20 мм от торца трубы.

Перед сборкой проводится повторный визуальный контроль свариваемых кромок и основного металла на наличие задиров, забитых фасок и иных повреждений. Если обнаружены недопустимые дефекты, то они устраняются зачисткой шлифовальной машинкой с лепестковым абразивным кругом. После этого, проверяется остаточная толщина стенки.

При сборке должны выполняться такие требования как:

- смещение стыкуемых кромок между собой должно быть менее 20% от нормативной толщины стенки, но не более 3 мм;

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

– смещение заводских продольных швов (продольные швы труб) относительно друг друга должно быть не менее 100 мм;

– расположение заводских продольных швов должно быть в верхней половине периметра собираемых и свариваемых деталей.

Сборка выполняется при помощи внутреннего центратора ЦВГ-1020, показанного на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Внутренний центратор ЦВГ-1020

Характеристики центратора ЦВГ-1020 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики центратора ЦВГ-1020

Характеристика	Значение
Диаметр соединяемых элементов, мм	1020
Толщина стенки, мм	10...32
Суммарное усилие, развиваемое одним центрирующим рядом, кН, не более	1300
Габаритные размеры, мм:	
– длина	2500
– диаметр	1000
Число центрирующих рядов, шт	2
Масса, кг	720

Величина зазоров в стыках при сборке составляет в пределах 2,5...3,5 мм.

Порядок сборки узла следующий:

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

- на первом стыке на сварочной головке провести замену сплошной проволоки на порошковую;
- выполнить сварку заполняющих и облицовочных слоев стыкового шва;
- второй стык (тройник и первое переходное кольцо) собрать аналогично первому стыку и произвести сварку корневого прохода;
- после сварки корневого слоя второго шва ослабить жимки центратора и транспортировать его для сборки остальных стыков. Порядок сборки и сварки аналогичен предыдущим швам.

При сварке применяется автоматическая сварка орбитальной сварочной головкой в среде защитных газов.

Присадочным материалом при сварке корневого прохода является сварочная проволока марки Super Arc L-56 диаметром 1,14 мм производства фирмы Lincoln Electric. Химический состав наплавленного металла проволокой Super Arc L-56 показан в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Химический состав наплавленного металла проволокой Super Arc L-56 [8]

В процентах

C	Si	Mn	S	P	Cu
0,08	0,90	1,50	0,001	0,001	1,15

Механические свойства наплавленного металла проволокой Super Arc L-56 показаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Super Arc L-56 [8]

Предел текучести σ_T , МПа	Предел временного сопротивления σ_B , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %
Не менее		
400	485	31

При сварке заполняющих и облицовочных слоев стыкового шва соединительного узла применяется газозащитная порошковая проволока марки PowerPipe 60R диаметром 1,2 мм.

Типичный химический состав металла, сваренного проволокой Power pipe 60R, приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Типичный химический состав металла, сваренного проволокой PowerPipe 60R [8]

В процентах

Si	Mn	Ni	C	S	P
			Не более		

Типичные механические свойства металла, сваренного проволокой Power pipe 60R, представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Типичные механические свойства металла, сваренного проволокой PowerPipe 60R [8]

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %
Не менее		
590	480	21

Сварка производится в среде защитных газов с составом 75%Ar+25%CO₂.

Режимы сварки стыкового шва по базовому варианту технологии изготовления показаны в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Режимы сварки стыкового шва по базовому варианту технологии изготовления

Наименование слоя	d _э , мм	I _{св} , А	U _д , В	V _{св} , м/ч	Количество проходов, шт
Корневой	1,14	120...180	24...26	15...20	1
Заполняющий	1,2	220...280	25...27	15...20	Не менее 8

Облицовочный	1,2	230...300	32...34	15...20	2
--------------	-----	-----------	---------	---------	---

Все промежуточные слои должны быть осмотрены визуально и зачищены абразивным инструментом до металлического блеска. Шлак от порошковой проволоки должен быть удален полностью. Осмотр производит исполнитель работ.

При обнаружении в любом слое недопустимых наружных дефектов, таких как поры, несплавления, подрезы, требуется произвести их зачистку до полного удаления и сварить ремонтный шов. После сварки ремонтный шов требуется зачистить в один уровень с основным швом.

При сварке корневого слоя стыкового шва соединительного узла применяется сварочное оборудование, которое поддерживает программный комплекс для сварки корневых проходов с увеличенным зазором под названием WiseRoot (дословно «Умный корень»).

Комплекс основан на явлении мелкокапельного струйного переноса расплавленного электродного металла за счет горения короткой дуги. Это позволяет сваривать корневой слой шва с наружной стороны с образованием обратного валика требуемого размера.

Источником питания при автоматической орбитальной сварке является аппарат марки FastMIG KMS 500 производства фирмы Kemppi, показанный на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Аппарат FastMIG KMS 500 [9]

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

Характеристики аппарата FastMIG KMS 500 приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Характеристики аппарата FastMIG KMS 500 [9]

Характеристика	Значение
Сетевое напряжение, В	400

Продолжение таблицы.

Мощность подключения, кВА	13,9
Максимальная нагрузка, А	500
Диапазон сварочного тока, А	10...500
Диапазон напряжения, В	10...37
Максимальное сварочное напряжение, В	42
Габариты, мм	590×230х×430
Вес, кг	34

Орбитальная сварка производится сварочной головкой марки Kemppi Railtrac Orbital, показанной на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Сварочная головка Kemppi Railtrac Orbital [10]

Характеристики сварочной головки Kemppi Railtrac Orbital приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Характеристика сварочной головки Kemppi Railtrac Orbital [10]

Характеристика	Значение
Габаритные размеры каретки, мм	312×327×181

Масса каретки, кг	8
Ширина направляющего пояса, мм	124
Диапазон диаметров свариваемых труб, мм	219...1420
Диапазон толщин стенки трубы, мм	9,5...50
Скорость перемещения каретки, см/мин	5...99
Скорость колебаний горелки, мм/с	6...60
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,76...1,98
Амплитуда поперечных колебаний горелки, мм	1...30
Регулировка постоянных углов наклона горелки: продольного, град поперечного, град	± 15
Время задержки на кромках, с	0...9,9
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+70
Допустимая сила тока, А, при ПВ=100%	400

Все сварные швы соединительных узлов проходят неразрушающий контроль.

Виды и объем неразрушающего контроля:

- визуальный и измерительный – 100 %;
- ультразвуковой контроль – 100 %;
- радиографический контроль – 100 %.

При анализе существующего варианта технологии изготовления соединительного узла газопровода, выявлены факторы, влияющие на качество и производительность следующие недостатки: (Скорректировано)

– технология сварки в среде защитных газов приводит к достаточно большому появлению скрытых дефектов сварного шва, такие как поры, несплавления. Это дополнительно увеличивает число ремонтов, что сказывается на качестве сварного шва и, в последствии, приводит к окончательному браку стыка;

– при сварке в среде защитных газов наблюдается большое число заполняющих слоев, особенно для толщин стенки более 12 мм;

– применение орбитальной сварки предшествует сварке в вертикальном и потолочном положении, что также сказывается на качестве сварного шва, так как

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

производится корректировка режима в меньшую сторону. Также сварка в таких положениях производится порошковой проволокой.

Для устранения влияния указанных выше факторов ~~указанных недостатков~~ в рамках выполнения выпускной квалификационной работы будут предложены следующие мероприятия:

- рассмотреть возможность замены существующей технологии сварки заполняющих и облицовочных слоев с автоматической в среде защитных газов на другой более производительный способ ~~на другую~~; [~~«...другой более производительный/...способ»~~] (Скорректировано)
- сопутствующая замена сварочных материалов и изменение режимов сварки;
- замена соответствующего оборудования для сварки.

2.2 Предлагаемый вариант технологии изготовления

2.2.1 Выбор способа сварки

Одним из пунктов мероприятий по устранению влияния указанных выше факторов ~~недостатков~~ (Скорректировано) является возможность замены способа сварки кольцевых швов при заполнении и облицовке. По существующей технологии сварка производится в следующем порядке:

- сварка корневого слоя шва автоматической орбитальной сваркой в среде защитных газов;
- автоматическая сварка в среде защитных газов порошковой проволокой заполняющих и облицовочных слоев шва.

Существующее развитие сварочного производства основывается на двух наиболее широко применяемых способах сварки:

- сварка в среде защитных газов;
- сварка под слоем флюса.

Преимуществами сварки под слоем флюса являются [11]:

- более высокая производительность по сравнению со сваркой в защитных

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

газах;

- стабильное качество сварного шва за счет более совершенной защиты сварочной ванны;
- относительно небольшой расход сварочной проволоки и электроэнергии;
- качественные условия труда.

Повышенная производительность при сварке под слоем флюса 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.

Основными причинами, **которые могут затруднить изготовление узла недостатками** [~~причинами, — снижающими — возможность — использования — на производстве данной конструкции~~] **(Скорректировано)** при сварке под слоем флюса являются [11]:

- обеспечение высокой точности сборки деталей;
- нерационально использовать при сварке малых толщин соединяемых элементов;
- стабильность процесса обеспечена только в нижнем положении.

Сварка в среде защитных газов обладает меньшей производительностью, по сравнению со сваркой под слоем флюса. Однако, применяется в промышленности довольно широко. Производительность сварки возможно повысить путем механизации и автоматизации процесса. Улучшение защиты сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха достигается путем применения не однокомпонентного защитного газа, а смеси газов: углекислота с аргоном, углекислота с аргоном и кислородом, углекислота с гелием, гелий с аргоном. Различные сочетания предназначены для различных условий и зависят также от стоимости.

Достоинствами сварки в среде защитных газов являются [11]:

- возможность выполнения сварки в любом пространственном положении;

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

- высокая производительность, по сравнению с ручной сваркой;
- лучшие условия труда, по сравнению с ручной сваркой;
- простота оборудования.

Рассмотрев существующие способы сварки, можно сделать вывод о том, что существующий вариант сварки кольцевых швов (автоматическая в защитных газах) обеспечивает требуемое качество и соответствует требованиям производства, но при этом, возникает высокая вероятность появления внутренних дефектов.

Поэтому, наиболее оптимальным способом при сварке заполняющих и облицовочных слоев шва является автоматическая сварка под слоем флюса.

2.2.2 Описание предлагаемой технологии сварки

Заготовительные операции при производстве соединительных узлов не изменяются.

Для того, чтобы обеспечить сварку под слоем флюса, требуется применить специальный позиционер, который обеспечит вращение узла с требуемой скоростью.

Порядок сборки и сварки корневого прохода остается прежним. Но в данном случае, сварка заполняющих и облицовочных слоев сварного шва не производится.

После сварки корневого слоя шва, узел предлагается транспортировать и устанавливать во вращателе. После этого предлагается проводить сварку заполняющих и облицовочных слоев сварного шва.

2.3 Выбор сварочных материалов

Для автоматической сварки под слоем флюса требуется подобрать соответствующие сварочные материалы. Выберем сварочную проволоку марки S2Mo диаметром 4 мм. Данная проволока является омедненной и предназначается

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

для проведения сварки высокопрочных низкоуглеродистых сталей под слоем флюса.

Химический состав металла, наплавленного проволокой S2Mo, приведен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Химический состав металла, наплавленного проволокой S2Mo [12]

В процентах

C	Mn	Si	Mo
0,06...0,10	0,95...1,2	0,05...0,2	0,02...0,04

Проволока S2Mo чаще всего применяется вместе с керамическим флюсом марки ФСА ЧТ А 650-20/80, который производится и поставляется в соответствии с требованиями [4]. Он производится в цехе изготовления флюса на ПАО «ЧТПЗ».

Химический состав флюса ФСА ЧТ А 650-20/80 приведен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Химический состав флюса ФСА ЧТ А 650-20/80 [4]

В процентах

SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
15...22	3...6	2...6	16...22	22...25	14...18	2...4		5

Нормированные показатели флюса ФСА ЧТ А 650-20/80 приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Нормированные показатели флюса ФСА ЧТ А 650-20/80 [4]

Объемная плотность, кг/дм ³	Гранулометрический состав, мм	Влажность, %, не более
0,95...1,2	0,3...2	0,03

Сварочная проволока S2Mo поставляется:

- в кассетах массой 25...28 кг;
- в мотках прямоугольного сечения массой 80...100 кг;

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

– в большегрузных бухтах массой 700 кг.

Поставка проволоки в большегрузных бухтах осуществляется на предприятия с поточным движением продукции (трубопрокатные заводы, заводы металлоконструкций). В условиях АО «СОТ» поставку данной проволоки выбираем в кассетах массой 25...28 кг, так как при этом уменьшается трудоемкость установки и снятия катушек с навесной головки.

Флюс поставляется на предприятие в мешках типа «big bag» для предохранения флюса от попадания влаги.

2.4 Расчет режимов сварки

Параметры сварного соединения показаны на рисунке 2.5.

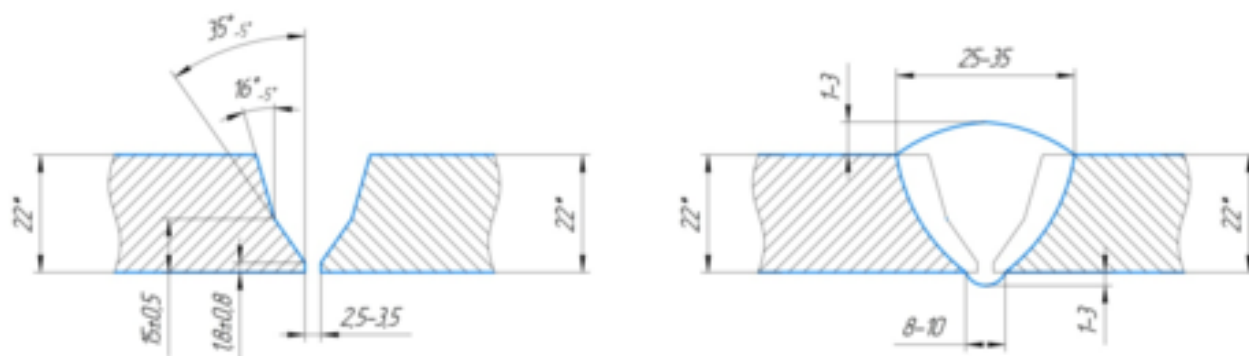


Рисунок 2.5 – Параметры сварного соединения

Площадь разделки составляет $F_p = 3,3 \text{ см}^2$, следовательно, сварку будем производить за несколько проходов.

Примем, что площадь корневого слоя шва составляет ~~[на основании чего делается такое допущение?]~~ (Площадь поперечного сечения первого прохода выбирается в интервале $0,3 \dots 0,35 \text{ см}^2$ [Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с; 2. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.] $0,3 \text{ см}^2$ [3], площадь заполняющих слоев шва составляет 1 см^2 , площадь облицовочных слоев составляет $0,5 \text{ см}^2$. Таким образом, получим, что количество проходов:

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

- при сварке корневого слоя шва – 1 проход;
- при сварке заполняющих слоев шва – 1 прохода;
- при сварке облицовочного слоя шва – 2 проход.

Рассчитаем режимы сварки корневого прохода. Сварочный ток постоянный прямой полярности. В первую очередь, рассчитаем режимы сварки корневого прохода при условии ~~при условии~~ [?] (Исправлено) отсутствия зазора и разделки кромок.

Примем, что вылет электродной проволоки 12 мм, расход газа 20 л/мин.

Сила сварочного тока зависит от диаметра проволоки и плотности сварочного тока. Примем, что значение сварочного тока составляет 180 А.

Плотность тока (j) определим по формуле (2.1) из [3]:

$$j = \frac{4I_{СВ}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 180}{3,14 \cdot 1,14^2} = 176,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}. \quad (2.1)$$

где $I_{СВ} = 180$ – сила тока, А;

$\pi = 3,14$ – постоянная, ед;

$d_{\text{Э}} = 1,14$ – диаметр проволоки, мм.

При диаметре электродной проволоки 1,14 мм и плотность сварочного тока находится в интервале 60...270 А/мм² [5]. Полученное значение входит в указанный интервал.

Напряжение на дуге ($U_{\text{Д}}$) определим по формуле: (2.2) из [3]

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{СВ} \pm 1, \text{ В}, \quad (2.2)$$

где $d_{\text{Э}} = 1,14$ – диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{СВ} = 180$ – значение силы сварочного тока, А.

Тогда, по формуле (2.2) получим, что

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,14}} \cdot 180 \pm 1 \approx 28,4 \pm 1 \text{ В.}$$

Скорость подачи электродной проволоки ($V_{\text{под}}$) определим по формуле (2.3) из [3]:

$$V_{\text{под}} = \frac{\alpha_{\text{р}} I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{эл}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (2.3)$$

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

$F_{\text{эл}} = 0,01$ – площадь сечения электродной проволоки, см²;

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

Коэффициент расплавления ($\alpha_{\text{р}}$) определим по формуле (2.4) из [3]:

$$\alpha_{\text{р}} = \alpha'_{\text{р}} + \Delta\alpha_{\text{р}}, \quad (2.4)$$

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 (2.5) из [3]:

$$\alpha'_{\text{р}} = 6,3 + \frac{0,0702 I_{\text{СВ}}}{d_{\text{э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 180}{1,14^{1,035}} = 17,3 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}. \quad (2.5)$$

Составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током ($\Delta\alpha_{\text{р}}$) определяется по формуле (2.6) из [3]:

$$\Delta\alpha_{\text{р}} = \frac{3600 Q_{\text{III}}}{q_{\text{э}} I_{\text{СВ}}}, \quad (2.6)$$

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

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 (2.7) из [3]:

$$Q_{\text{ПП}} = 0,1884 j^2 \rho_0 d_{\text{Э}}^2 \left(\frac{V_{\text{Э}}}{a \alpha \beta} (e^{-p_2 l} - 1) - \frac{\alpha (T_{\text{ПЛ}} - T_0)}{p_1} \right), \quad (2.7)$$

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

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

$d_{\text{Э}} = 0,114$ – диаметр электродной проволоки, см;

$V_{\text{Э}}$ – условная скорость подачи электрода, см/с;

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

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

β – коэффициент, ед;

$l = 1,2$ – вылет электродной проволоки, см;

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

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

p_1 и p_2 – коэффициенты, ед.

Коэффициент (β) определим по формуле (2.8) из [3]:

$$\beta = \frac{0,24 j^2 \rho_0}{a \gamma} = \frac{0,24 \cdot 17640^2 \cdot 0,000014}{0,08 \cdot 1,25} = 10455,3 \text{ ед.} \quad (2.8)$$

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

Условную скорость подачи проволоки ($V_{\text{Э}}$) определим по формуле (2.9) из [5]:

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$V_{\Xi} = \frac{4\alpha'_p I_{CB}}{3600\pi\gamma d_{\Xi}^2} = \frac{4 \cdot 17,3 \cdot 180}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,85 \cdot 0,114^2} = 10,8 \frac{\text{см}}{\text{с}}. \quad (2.9)$$

Коэффициенты (p_1) и (p_2) определим по формуле (2.10) из [3]:

$$\begin{cases} p_1 = -\frac{V_{\Xi}}{2a} - \sqrt{\frac{V_{\Xi}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{10,8}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{10,8^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 10455,3} = -134,4 \text{ ед;} \\ p_2 = -\frac{V_{\Xi}}{2a} + \sqrt{\frac{V_{\Xi}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{10,8}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{10,8^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 10455,3} = -0, \text{ ед.} \end{cases} \quad (2.10)$$

Тогда, по формуле (2.7) получим, что

$$Q_{III} = 0,1884 \cdot 17640^2 \cdot 0,000014 \cdot 0,114^2 \cdot \left(\frac{10,8}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 10455,3} (e^{-0,6 \cdot 1,2} - 1) - \frac{0,0083 \cdot (1500 - 20)}{-134,4} \right) = 16,9 \text{ кал.}$$

Следовательно, по формуле (2.6)

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 16,9}{325 \cdot 180} = 1 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

Тогда, по формуле (2.4) коэффициент расплавления

$$\alpha_p = 17,3 + 1 = 18,3 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

Следовательно, по формуле (2.3)

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{18,3 \cdot 180}{3600 \cdot 0,01 \cdot 7,85} = 11,7 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Скорость сварки ($V_{\text{СВ}}$) определим по формуле (2.11) из [3]:

$$V_{\text{СВ}} = \frac{V_{\text{ПОД}}}{F_{\text{Н}}} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (2.11)$$

где $V_{\text{ПОД}} = 11,7$ – скорость подачи проволоки, см/с;

$F_{\text{Н}} = 0,3$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,01$ – площадь сечения электродной проволоки, см².

Тогда, по формуле (2.11) получим, что

$$V_{\text{СВ}} = \frac{11,7}{0,3} \cdot 0,01 = 0,33 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Погонную энергию ($q_{\text{ПОГ}}$) определим по формуле (2.12) из [3]:

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (2.12)$$

где $\eta = 0,85$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

Тогда, по формуле (2.12) получим, что

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 28,4 \cdot 180 \cdot 0,85}{0,33} = 3160,1 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определим коэффициент формы провара ($\psi_{\text{ПР}}$) по формуле (2.13) из [3]:

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}}, \quad (2.13)$$

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

где $k' = 1,12$ – коэффициент, зависящий от плотности и полярности тока, ед.

Тогда, по формуле (2.13) получим, что

$$\Psi_{\text{ПР}} = \frac{1,12 \cdot (19 - 0,01 \cdot 180) \cdot 1,14 \cdot 28,4}{180} = 3,5 \text{ ед.}$$

Определим глубину провара (h) по формуле (2.14) из [3]:

$$h = 0,0165 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\Psi_{\text{ПР}}}}, \quad (2.14)$$

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

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

Тогда, по формуле (2.14) глубина провара

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{3160,1}{3,5}} = 0,5 \text{ см.}$$

Определим ширину усиления одного валика (B) сварного шва по формуле (2.15) из [3]:

$$B = \Psi_{\text{ПР}} h = 3,5 \cdot 0,5 = 1,75 \text{ см.} \quad (2.15)$$

Определим высоту усиления сварного шва (C) по формуле (2.16) из [3]:

$$C = \frac{F_{\text{Н}}}{0,73B} = \frac{0,35}{0,73 \cdot 1,75} = 0,27 \text{ см.} \quad (2.16)$$

Рассчитаем общую высоту шва (D) по формуле (2.17) из [3]:

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$D = h + C = 5 + 2,7 = 7,7 \text{ мм.} \quad (2.17)$$

Проведем расчет размеров шва для случая наличия зазора и разделки.

Высота шва при наличии разделки кромок и зазора при многопроходной сварке (C_2) определяется по формуле (2.18) из [3]:

$$C_2 = \sqrt{\frac{F_H - Dp}{\text{tg}\alpha}} = \frac{\sqrt{0,35 - 0,77 \cdot 0,25}}{0,7} = 4,7 \text{ мм} = 0,47 \text{ см.} \quad (2.18)$$

где $p = 2,5$ – величина зазора, мм.

Рассчитаем полученную глубину проплавления (H_2) по формуле (2.19) из [3]:

$$H_2 = D - C_2 = 7,7 - 4,7 = 3 \text{ мм.} \quad (2.19)$$

Полученное значение глубины проплавления может привести к прожогу, поэтому, требуется скорректировать режимы сварки. Примем, что напряжение на дуге $U_D = 30$ В, скорость сварки $V_{СВ} = 0,46$ см/с, скорость подачи проволоки $V_{ПОД} = 16$ см/с. Тогда:

– погонная энергия

$$q_{ПОГ} = \frac{0,24 U_D I_{СВ} \eta}{V_{СВ}} = \frac{0,24 \cdot 30 \cdot 180 \cdot 0,85}{0,46} = 2394,8 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

– коэффициент формы провара

$$\psi_{ПР} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{СВ}) d_{Э} U_D}{I_{СВ}} = \frac{1,12 \cdot (19 - 0,01 \cdot 180) \cdot 1,14 \cdot 30}{180} = 3,7 \text{ ед.}$$

– глубина провара при условии отсутствия разделки кромок и зазора

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$h=0,0165 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}}=0,0165 \cdot \sqrt{\frac{2394,8}{3,7}}=0,42 \text{ см.}$$

– ширина шва

$$B=\psi_{\text{ПР}}h=3,7 \cdot 0,42=1,55 \text{ см.}$$

– высота валика

$$C=\frac{F_{\text{H}}}{0,73B}=\frac{0,35}{0,73 \cdot 1,55}=0,31 \text{ см.}$$

– высота шва

$$D = h + C = 4,2 + 3,1 = 7,3 \text{ мм.}$$

– высота валика при условии наличия разделки и зазора

$$C_2=\sqrt{\frac{F_{\text{H}}-Dp}{\text{tg}\alpha}}=\frac{\sqrt{0,35-0,73 \cdot 0,25}}{0,7}=4,9 \text{ мм}=0,49 \text{ см.}$$

– глубина провара при наличии разделки и зазора

$$H_2 = D - C_2 = 7,3 - 4,9 = 2,4 \text{ мм.}$$

Скорость охлаждения для многопроходной сварки кольцевых швов протяженностью более 1 м (ω) для первого слоя определяется по формуле (2.20) из [3]:

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}, \quad (2.20)$$

где k_1 – коэффициент приведения при сварке многопроходных соединений, ед;

$\bar{\omega}$ – безразмерный критерий процесса, ед;

$\lambda = 0,1$ – коэффициент теплопроводности, кал/см с $^\circ\text{C}$;

$T_M = 500$ – температура наименьшей устойчивости аустенита, $^\circ\text{C}$;

$T_0 = 150$ – начальная температура изделия, $^\circ\text{C}$.

Безразмерный критерий процесса $\bar{\omega}$ зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), который определяется по формуле (2.21) из [3]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta^2 k_2) c \gamma (T_M - T_0)}, \quad (2.21)$$

где $c\gamma = 1,25$ – объемная теплоемкость, кал/см³ $^\circ\text{C}$;

k_2 – коэффициент приведения при сварке многопроходных соединений, ед.

Для сварки стыкового шва с разделкой кромок значения коэффициентов приведения (k_1) и (k_2) определяются по формуле (2.22) из [3]:

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - \alpha}, \quad (2.22)$$

где $\alpha = 70$ – угол разделки в зоне корневого прохода, град.

Тогда, по формуле (2.22) получим, что

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - 70^\circ} = 1,6.$$

Следовательно, по формуле (2.21) получим, что

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 2394,8}{3,14 \cdot (2,2^2 \cdot 1,6) \cdot 1,25 \cdot (500-150)} = 0,4.$$

При значении безразмерного критерия 0,4 получим, что $\bar{\omega}=1$.

Тогда, по формуле (2.20) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500-150)^2}{1,6 \cdot 2394,8} = 20,1 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Для стали 10Г2ФБЮ интервал мгновенных скоростей охлаждения составляет 1...15 °С/с [3]. Таким образом, при температуре предварительного подогрева 150 °С и при рассчитанных параметрах режима сварки не обеспечивается требуемая скорость охлаждения при сварке корневого прохода. Следовательно, требуется увеличить температуру предварительного подогрева до значения 200 °С.

Тогда, по формуле (2.21) $1/\theta = 0,35$, а $\bar{\omega}=1$. Следовательно, по формуле (2.20) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500-200)^2}{1,6 \cdot 2394,8} = 14,8 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Условие выполняется.

Рассчитаем параметры процесса сварки заполняющих и облицовочных слоев.

Сварочный ток постоянный прямой полярности. Диаметр электродной проволоки равен $d_{\text{Э}} = 4$ мм. Примем, что вылет электродной проволоки 40 мм.

Сварка автоматическая под слоем флюса. Высота слоя флюса составляет 30 мм, площадь сечения электродной проволоки $F_{\text{ЭЛ}} = 0,126$ см², площадь поперечного сечения наплавленного металла $F_{\text{Н}}^{3\Pi} = 1$ см².

Примем, что значение сварочного тока составляет 750 А. Определим плотность сварочного тока по формуле (2.1)

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_3^2} = \frac{4 \cdot 750}{3,14 \cdot 4^2} = 59,7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электродной проволоки 4 мм плотность сварочного тока находится в интервале 40...70 А/мм² [5]. Полученное значение входит в указанный интервал.

Определим напряжение на дуге согласно формуле (2.2)

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 750 \pm 1 \approx 38,8 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (2.11) с учетом формул (2.3)...(2.10). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_p = 18,8 \text{ г/Ач}$;
- условная скорость подачи проволоки $V_3 = 4 \text{ см/с}$;
- коэффициент $\beta = 1197,5 \text{ ед}$;
- коэффициент $p_1 = -49,8 \text{ ед}$, $p_2 = -0,2 \text{ ед}$;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{ПП} = 93 \text{ кал}$;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p = 1,4 \text{ г/Ач}$;
- коэффициент расплавления $\alpha_p = 20,2 \text{ г/Ач}$;
- скорость подачи проволоки $V_{ПОД} = 4,3 \text{ см/с}$;
- расчетная скорость сварки $V_{СВ} = 0,54 \text{ см/с}$.

Далее по формуле (2.12) определяем погонную энергию

$$q_{ПОГ} = \frac{0,24 \cdot 38,8 \cdot 750 \cdot 0,9}{0,54} = 11640 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Произведем расчет параметров процесса сварки облицовочного прохода. Сварочный ток постоянный прямой полярности. Диаметр электродной проволоки

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

равен $d_{\text{э}} = 4$ мм. Примем, что вылет электродной проволоки 40 мм, высота слоя флюса составляет 30 мм, площадь сечения электродной проволоки $F_{\text{эл}} = 0,126$ см², площадь поперечного сечения наплавленного металла $F_{\text{Н}}^0 = 0,5$ см².

Примем, что значение сварочного тока составляет 600 А. Определим плотность сварочного тока по формуле (2.1)

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4 \cdot 600}{3,14 \cdot 4^2} = 47,8 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электродной проволоки 4 мм плотность сварочного тока находится в интервале 40...70 А/мм². Полученное значение входит в указанный интервал.

Определим напряжение на дуге согласно формуле (2.2)

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 600 \pm 1 \approx 35 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (2.11) с учетом формул (2.3)...(2.10). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_{\text{р}} = 16,3$ г/Ач;
- условная скорость подачи проволоки $V_{\text{э}} = 2,8$ см/с;
- коэффициент $\beta = 767,7$ ед;
- коэффициент $p_1 = -34,8$ ед, $p_2 = -0,2$ ед;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 65,3$ кал;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_{\text{р}} = 1,2$ г/Ач;
- коэффициент расплавления $\alpha_{\text{р}} = 17,5$ г/Ач;
- скорость подачи проволоки $V_{\text{ПОД}} = 3$ см/с;
- расчетная скорость сварки $V_{\text{СВ}} = 0,76$ см/с.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Далее по формуле (2.12) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 35 \cdot 600 \cdot 0,9}{0,76} = 5968,4 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определим коэффициент, зависящий от рода и полярности тока (k') по формуле (2.23) из [3]:

$$k' = \frac{2,82}{j^{0,1925}} = \frac{2,82}{47,8^{0,1925}} = 1,34. \quad (2.23)$$

Определим коэффициент формы провара по формуле (2.13)

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}} = \frac{1,34 \cdot (19 - 0,01 \cdot 600) \cdot 4 \cdot 35}{600} = 4,1 \text{ ед.}$$

Определим глубину провара (h) по формуле (2.24) из [3]:

$$h = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}} = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{5968,4}{4,1}} = 0,6 \text{ см.} \quad (2.24)$$

Определим ширину усиления одного валика сварного шва по формуле (2.15)

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 4,1 \cdot 0,6 = 2,46 \text{ см.}$$

Определим высоту усиления сварного шва по формуле (2.16)

$$C = \frac{F_{\text{Н}}}{0,73B} = \frac{0,5}{0,73 \cdot 2,46} = 0,28 \text{ см.}$$

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Полученное значение ширины валика усиления выходит из требуемого интервала 25...35 мм. Следовательно, требуется изменить параметры режима сварки. Примем, что напряжение на дуге составляет 40 В. Тогда:

- $q_{\text{П}} = 6821,1$ кал/см;
- $\psi_{\text{В}} = 4,6$ ед;
- $h = 0,6$ см;
- $B = 2,76$ см;
- $C = 0,25$ см.

Полученные значения геометрических параметров шва удовлетворяют требованиям.

Скорость охлаждения для многопроходной сварки кольцевых швов протяженностью более 1 м для облицовочного прохода (ω) определяется по формуле (2.25) из [3]:

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_{\text{М}} - T_0)^2}{q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^{\circ}\text{С}}{\text{с}}, \quad (2.25)$$

При этом безразмерный критерий процесса $\bar{\omega}$ зависит от другого безразмерного критерия ($1/\theta$), определяемого по формуле (2.26) из [3]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi\delta^2 c\gamma(T_{\text{М}} - T_0)} = \frac{2 \cdot 6821,1}{3,14 \cdot 2,2^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 1,5. \quad (2.26)$$

При значении безразмерного критерия 1,5 получим, что $\bar{\omega} = 0,48$.

Тогда, по формуле (2.24) получим, что

$$\omega = 0,48 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 20)^2}{6821,1} = 10,8 \frac{^{\circ}\text{С}}{\text{с}}.$$

Для стали 10Г2ФБЮ интервал мгновенных скоростей охлаждения составляет

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1...15 °C/с.

Рассчитанные и принятые параметры режимов наплавки показаны в таблице

2.12.

Таблица 2.12 – Рассчитанные и принятые параметры режимов наплавки

Проход	Значение	$d_{э}$, мм	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	$V_{св}$, см/с	$V_{под}$, см/с	$Q_{пог}$, ккал/см
Корневой	Расчетное	1,14	180	28,4	0,33	11,7	3160,1
	Принятое		180	30	0,46	16	2394,8
Заполняющий	Расчетное	4	750	38,8	0,54	4,3	11640
Облицовочный	Расчетное		600	35	0,76	3	5968,4
	Принятое		600	40	0,76	3	6821,1

~~[в качестве вывода сделайте таблицу рассчитанных режимов, данная таблица пойдет на плакат «Расчет режимов сварки»]~~ (Добавлено) [можно добавить еще и диаметр проволоки] (Добавлено)

2.5 Выбор оборудования для сборки и сварки

При применении комплекса мероприятий по улучшению качества сварных кольцевых швов требуется выбрать оборудование.

При автоматической сварке под слоем флюса требуется применить подвесную сварочную головку. Для ее установки в пространстве необходимо приобрести сварочную колонну марки Vendmak МСВ 5×5, показанную на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Сварочная колонна Bendmak MCB 5×5 [13]

Она предназначена для монтажа на нее сварочных головок, а также для удобства базирования головок относительно свариваемых стыков. При использовании двух сварочных головок, время изготовления узла уменьшается.

Колонна состоит из стойки, установленной на тележке. Тележка предназначена для перемещения всей колонны, по рельсовым путям вдоль свариваемого изделия. На стойке устанавливается стрела, на которую навешиваются сварочные головки и сварочная проволока в бухтах.

Передвижение колонны и вылет стрелы производится при помощи мощных электроприводов. Основные характеристики колонны показаны в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Основные характеристики колонны [13]

Характеристика	Значение
Рабочая длина, мм	405...6000
Грузоподъемность, кг	150
Высота от пола до горизонтальной платформы, мм	780...6080
Расстояние между рельсовыми осями, мм	1655
Скорость перемещения платформы, мм/мин	100...2000
Угол поворота колонны, град	360
Мощность двигателя подъемника, кВт	0,55
Мощность двигателя платформы, кВт	0,18

Высота, мм	7350
Вес, кг	4100

На сварочную колонну предлагается установить две навесные сварочные головки марки Power Feed 10A производства фирмы Lincoln Electric, показанные на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Сварочная головка Power Feed 10A [14]

Характеристики сварочной головки Power Feed 10A приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Характеристики сварочной головки Power Feed 10A [14]

Характеристика	Значение
Диаметр сварочной проволоки, мм	2,4...5,6
Сила сварочного тока, А	10...1000
Скорость подачи сварочной проволоки, м/мин	0,4...19,7
Вес, кг	50

Для автоматической сварки под слоем флюса источником питания выберем Power Wave AC/DC 1000 производства фирмы Lincoln Electric, показанный на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Источник питания Power Wave AC/DC 1000 [14]

Характеристики источника питания Power Wave AC/DC 1000 приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Характеристики источника питания Power Wave AC/DC 1000 [14]

Характеристика	Значение
Сеть питания, В	3x380/460/500
Частота сети, Гц	50-60
Цикл сварки, А/В/%	1000/44/100
Диапазон сварочного тока, А	10...1000
Габаритные размеры, мм	1105x488x838
Вес, кг	295

Сварочные головки располагаются каждая над одним сварным соединением, что позволяет производить сварку двух стыков одновременно.

Для вращения соединительного узла при сварке кольцевых швов предлагается применить кантователь кольцевой, показанный на рисунке 2.9.

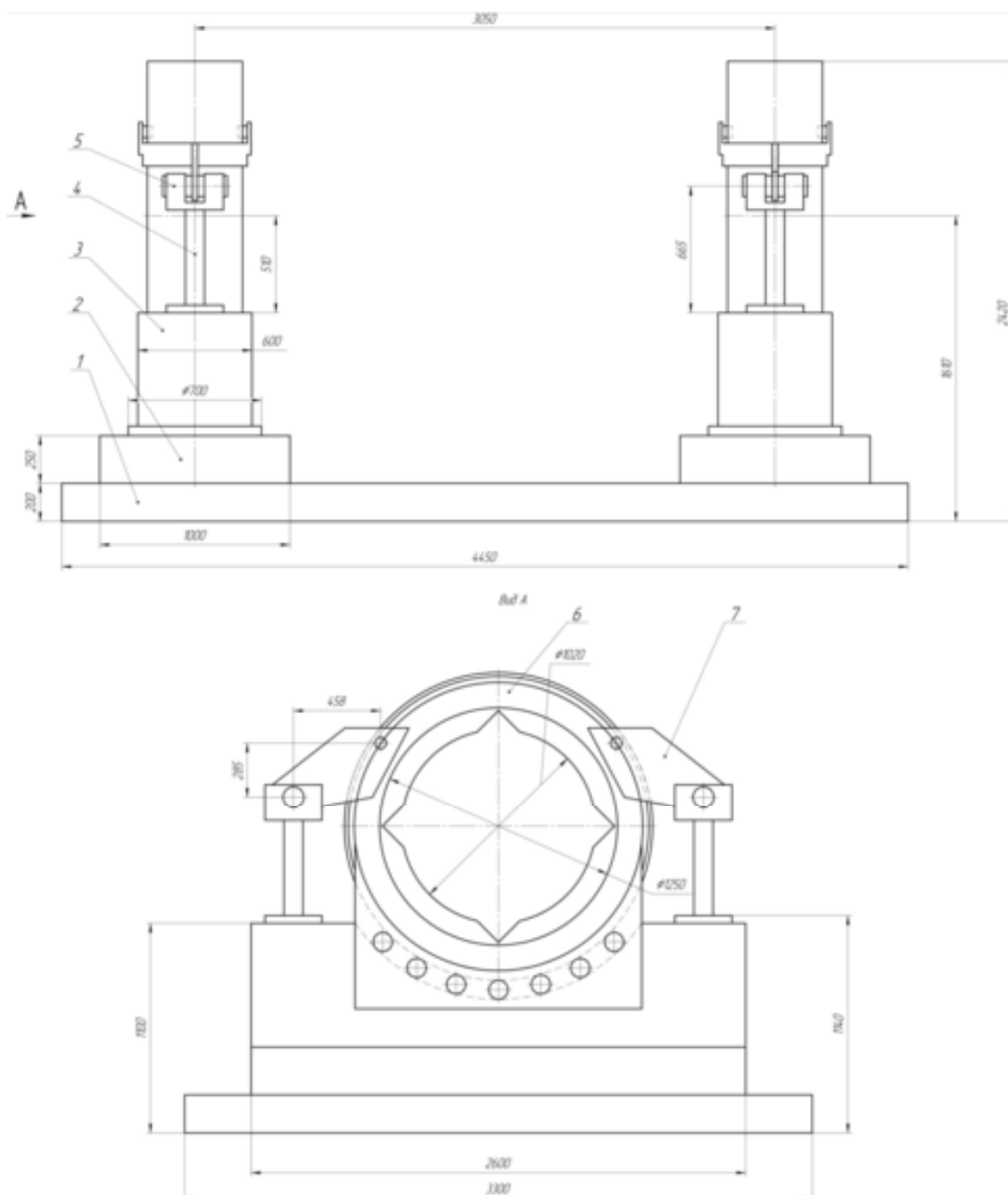


Рисунок 2.9 – Кантователь кольцевой [15]:

1 – плита опорная; 2 – основание; 3 – гидроцилиндр; 4 – шток гидроцилиндра; 5 – вилка; 6 – прижим подвижный; 7 – кулак (Изменен порядок)

Он предназначен для придания вращения цилиндрическим изделиям со сварочной скоростью при автоматической сварке внутренних и наружных кольцевых швов.

Характеристики кантователя показаны в таблице 2.15.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.384.00 ПЗ

Лист

51

Таблица 2.15 – Характеристики кантователя [15]

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети при частоте 50 Гц, В	220/380
Мощность электродвигателей привода вращения, кВт	0,37
Грузоподъемность, кг	15000
Нагрузка (приводная+неприводная опора), кг	10000
Диаметр свариваемых изделий, мм	1000
Скорость вращения, м/мин	0,1...1,5
Масса (приводной/неприводной секции), кг	1207 (674/533)

Выводы по разделу 2:

В разделе 2 рассматривается базовый вариант технологического процесса изготовления узла соединительного. Описаны применяемые заготовительные, контрольные сборочные и сварочные операции, а также выявленные в процессе изготовления недостатки, которые предложено устранить применением комплекса мероприятий.

В предлагаемом варианте технологического процесса рассматриваются особенности предлагаемой технологии изготовления, проводится анализ возможных способов сварки узла. После того, как был выбран способ сварки, для него выбраны сварочные материалы и рассчитаны режимы сварки. Для предлагаемого варианта технологии изготовления подобрано требуемое вспомогательное оборудование.

3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

3.1 Способы и средства контроля качества

Главными методами контроля качества сварных швов узла соединительного являются:

- визуальный и измерительный (ВИК);
- ультразвуковой (УЗК);
- радиографический (РК);
- капиллярный (ЦКД).

ВИК применяется на всех операциях по изготовлению узла газораспределительного. Требования и методика контроля указаны в согласованных с главным инженером предприятия картах контроля. ВИК проводится на следующих операциях:

- входной контроль;
- производство заготовок;
- сборка;
- сварка.

На операции входного контроля проверяется соответствие качества труб, патрубков и листов, а также применяемых сварочных материалов. Проверка проката проводится в два этапа:

- сравнение маркировки и приложенного сертификата качества;
- измерение геометрических параметров.

При проверке сварочных материалов контролируется наличие либо отсутствие:

- ржавчины на сварочной проволоке;
- механических повреждений сварочной проволоки.

Выборочно, но не менее чем на каждой третьей партии проводятся испытания сварочных материалов наплавкой на образец либо сварки контрольного сварного соединения (КСС) и проверка технологических, механических и

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

металлографических свойств.

Защитные газы, применяемые при изготовлении узла, проходят проверку соответствия данным, указанным в паспорте. Также проверяется состав защитного газа при помощи ротаметра.

При проведении ВИК применяются шаблоны, линейки измерительные, штангенциркули, щупы, увеличительные лупы, а также фонарики и прочее оборудование.

Радиографический метод контроля основан на прохождении γ -лучей через основной металл сварного шва с проецированием на радиографическую пленку. При отсутствии дефектов изображение шва на пленке светлое. При наличии дефектов в месте контроля на пленке проявляются темные пятна, которые расшифровываются при помощи негатоскопа по длине и ширине.

РК осуществляется специальными генераторами радиоактивного излучения, встроенными в трубку. РК проводится в специальной камере.

Ультразвуковой метод контроля основан на прохождении ультразвуковых волн в материале контролируемого объекта. Если дефекты отсутствуют, то волна проходит напрямую до ближайшей границы. При наличии дефекта, волна отражается от его границы и фиксируется сигналом.

Для проведения УЗК применяются различные ультразвуковые дефектоскопы, предназначенные как для контроля сварных соединений, так и для контроля основного металла.

Для контроля наличия недопустимых поверхностных дефектов применяется капиллярный контроль (ЦКД). Данный метод контроля основан на выявлении на проявителе следов пенетранта, который при контроле заполняет полости и после очищения поверхности очистителем не удаляется из этих полостей.

Для проведения ЦКД применяется специальный комплекс для контроля, который состоит из следующих элементов:

- пенетрант;
- очиститель;
- проявитель.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

3.2 Допустимые и недопустимые дефекты

По результатам проведения визуального и измерительного контроля не допускаются следующие виды дефектов:

- несоответствие параметров геометрических размеров сварного шва;
- незаваренные кратеры;
- прожоги;
- наплывы;
- свищи;
- усадочные раковины;
- подрезы глубиной более 20 % от толщины стенки соединяемых элементов.

Устранение подрезов производится вышлифовкой части сечения шва заподлицо с основным металлом и наложением одного-двух валиков. При этом допускаемое увеличение ширины сварного шва не более 2 мм от базового значения.

Наплывы и нарушение геометрических параметров шва устраняются зачисткой.

Прожоги ремонту не подлежат и стык подлежит вырезке.

Незаваренные кратеры, свищи, усадочные раковины ремонтируются сваркой путем удаления дефекта шлифованием и сварки разделанной зоны.

При ультразвуковом контроле и радиографическом контроле выявляются следующие виды дефектов:

- поры (недопустимый размер более 2 мм одиночной или 0,8 мм для двух пор и более);
- непровары;
- несплавления;
- трещины.

Устранение указанных дефектов производится путем удаления дефекта шлифовкой на глубину превышающую глубину залегания на 1-2 мм и последующей заваркой. Длина ремонтного участка не должна превышать 1/6

										Лист
										55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

периметра стыка. В противном случае, стык подлежит вырезке.

3.3 Оборудование для контроля качества

При проведении ВИК применяются следующие инструменты:

- для контроля линейных размеров: рулетка измерительная длиной 20 м, рулетка измерительная длиной 10 м, линейка металлическая 20 см;
- для контроля угловых размеров: угломер механический;
- для контроля диаметра отверстий и ширины стыковых швов: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1;
- для контроля зазоров при сборке: набор щупов №4;
- для контроля величины притупления фасок: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1;
- для контроля толщины стенки: ультразвуковой толщиномер.

Для выявления возможных дефектов внутри сварного шва при УЗК применяется ультразвуковой дефектоскоп марки Dіo 1000, показанный на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Ультразвуковой дефектоскоп Dіo 1000 [16]

Ультразвуковой дефектоскоп Dіo 1000 предназначен для контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения глубины и координат их залегания, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов.

Характеристики ультразвукового дефектоскопа Dіo 1000 приведены в таблице 3.1.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Таблица 3.1 – Характеристики ультразвукового дефектоскопа Dіо 1000 [16]

Характеристика	Значение
Частота стробирования, МГц	50...200
Диапазон устанавливаемых скоростей ультразвука, м/с	100...15240
Рабочие частоты, МГц	0,5...30
Задержка, мс	-10...4800
Диапазон регулировки усиления (чувствительности) ультразвукового канала, дБ (с шагом по выбору 6 дБ, 1 дБ, 0,5 дБ и 0,1 дБ)	111
Дискретность измерения толщины, мм	0,01
Диапазон измерения толщины, мм	1...29000
Демпфирование, Ом	50; 57; 200; 1000
Глубина (амплитуда) ВРЧ (динамический диапазон), дБ	111
Частота повторения зондирующего импульса, Гц	10...20000
Угол ввода луча, град (с шагом 0,1°)	0...90
Размеры, мм	224×188×34
Масса с аккумулятором, кг	1,28

При РК контроле применяется рентгеновский аппарат марки Bosello 225, показанный на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Рентгеновский аппарат марки Bosello 225 [16]

Характеристики рентгеновского аппарата Bosello 225 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики рентгеновского аппарата Bosello 225 [16]

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение рентгеновской трубки, кВ	225
Размер фокуса, мм	1...3
Максимальная сила тока в нити накала, А	4,1...4,2
Напряжение нити накала, В	4,2...5,5
Зона излучения, град	40
Максимальная утечка радиации, мЗв/ч	10
Макс. скорость потока в системе охлаждения, л/мин	4
Напряжение питания, В	230 ± 10%
Частота питающей сети, Гц	50/60

Потребляемая мощность, кВт	2,4
Выходной ток, мА	0...20
Максимальная мощность на малом фокусе, Вт	800
Максимальная мощность на большом фокусе, Вт	1800
Стабильность по выходному напряжению, %	0,1
Стабильность по выходному току, %	0,1

При проведении ЦКД применяется набор для проведения капиллярной дефектоскопии марки Sherwin. В состав набора входит:

- пенетрант красного цвета;
- очиститель;
- проявитель.

3.4 Методика контроля

3.4.1 Визуальный и измерительный контроль

При проведении ВИК персонал, который осуществляет контроль, должен быть аттестован на уровень I, II, III согласно ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля». При этом заключение о годности выдается лишь специалистами II и III уровней.

Освещенность участка контроля должна быть не менее 500 лк. При меньшем значении требуется использование искусственных приборов освещения.

Контроль линейных размеров осуществляется рулеткой измерительной длиной 20 м, рулеткой измерительной длиной 10 м, линейкой металлической длиной 20 см.

Контроль угловых размеров осуществляется угломером механическим.

Контроль диаметра ширины стыковых швов осуществляется штангенциркулем ШЦ-1-125-0,1.

Контроль зазоров при сборке осуществляется набором щупов №4.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Контроль величины притупления фасок осуществляется штангенциркулем ЩЦ-1-125-0,1.

Контроль глубины поверхностных дефектов осуществляется глубиномером.

3.4.2 Ультразвуковой контроль

Перед проведением контроля требуется провести зачистку контролируемых швов лепестковым кругом до металлического блеска. При этом шероховатость поверхности не должна превышать Rz 40. Длина зачищаемого участка должна быть не менее 70 мм в обе стороны шва от стыка

До проведения УЗК производится настройка дефектоскопа с применением настроечных образцов. У таких образцов настройка производится по плоскодонным отражателям. После настройки дефектоскопа, производится его калибровка на образце, изготовленного из того же материала, что и контролируемая труба. Контрольными отражателями на образце являются:

- засечка в околошовной зоне длиной 15 мм с глубиной не более 0,8 мм – для настройки дефектоскопа на контроль радиальных трещин;
- отверстие в центре шва диаметром 1,6 мм – для настройки дефектоскопа на контроль продольных и поперечных дефектов;
- отверстие диаметром 6 мм на основном металле глубиной не менее 50% от толщины стенки – для настройки дефектоскопа на контроль расслоений.

Для проведения ультразвукового контроля используется эхо-импульсный метод. Схема проведения эхо-импульсного метода показана на рисунке 3.3.

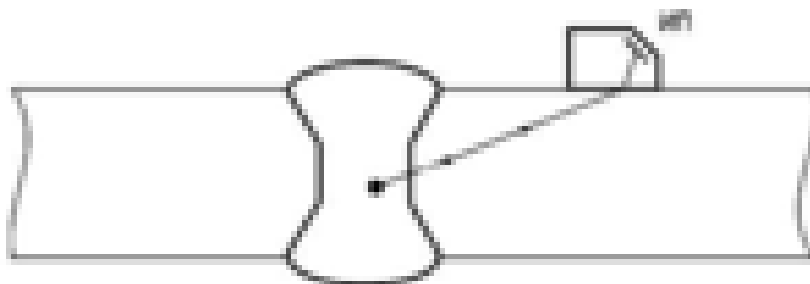


Рисунок 3.3 – Схема проведения эхо-импульсного метода [схема очень странная. Под таким углом приходит отклик, что то перемудрили. Проверьте]

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

(Схема взята как эскиз из ГОСТ 55724-2013)

Метод основан на вводе ультразвуковой волны в металл и, при обнаружении дефектов, происходит отражение этой волны на датчик **пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП)** [~~сначала пишется словами, затем в скобках аббревиатура, после чего спокойно используем в дальнейшем тексте~~]. (Скорректировано)

Для проведения УЗК используются ПЭП с углом ввода 65° , с углом ввода 0° при контроле на расслой.

Схема контроля с применением ПЭП с углом ввода 65° показана на рисунке 3.4.

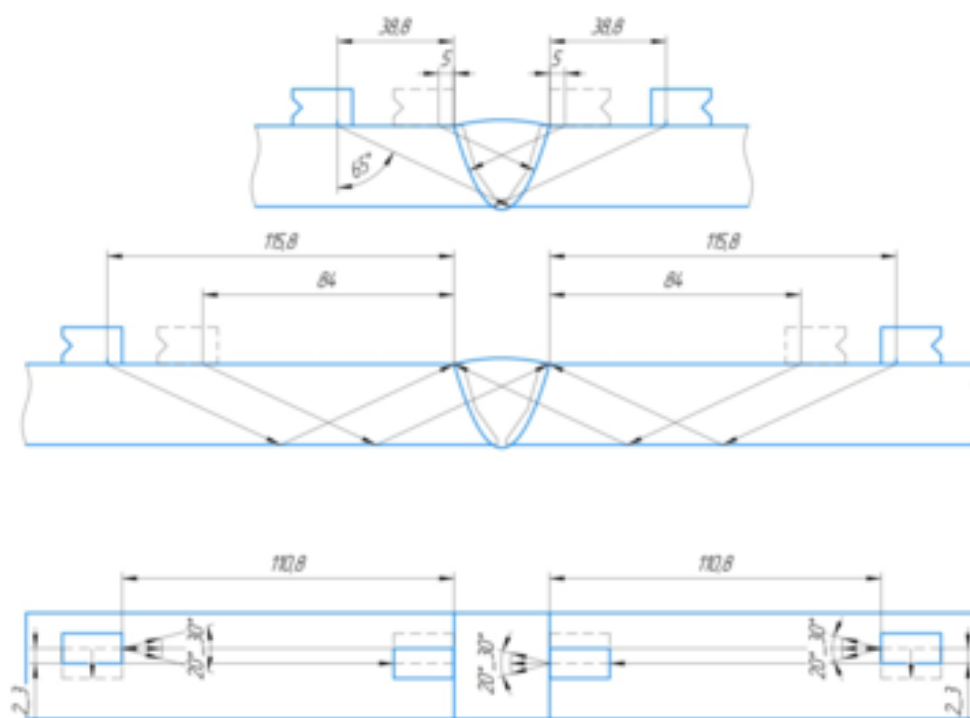


Рисунок 3.4 – Схема контроля с применением ПЭП с углом ввода 65°

Схема контроля с применением ПЭП с углом ввода 0° показана на рисунке 3.5.

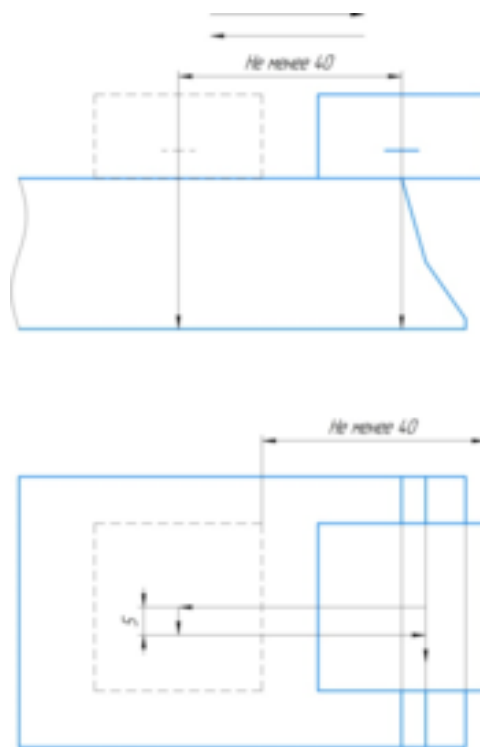


Рисунок 3.5 – Схема контроля с применением ПЭП с углом ввода 0°

3.4.3 Радиографический контроль

При проведении РК стыковых швов соединительных узлов большого диаметра наиболее часто используется панорамная схема сканирования. Контролируемый шов проверяется изнутри объекта контроля по всему диаметру.

Перед проведением контроля на каждый проверяемый стык устанавливается кассета с рулонной пленкой, при этом величина нахлеста снимков не должна быть менее 20 мм. Также, при установке пленки рядом со снимком устанавливаются канавочные эталоны чувствительности в количестве не мене 4 штук так, чтобы перекрывать четверть периметра шва. Также на каждый стык устанавливаются свинцовые маркировочные знаки, которые показывают порядковый номер стыка, номер пленки, клеймо сварщика, а также нулевую отметку для привязки изображения сварного шва к его местоположению по периметру стыка.

Перед контролем на оборудовании выставляются такие параметры контроля, как время экспозиции, фокусное расстояние, напряжение в трубке.

Схема радиографического контроля стыкового шва показана на рисунке 3.6.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

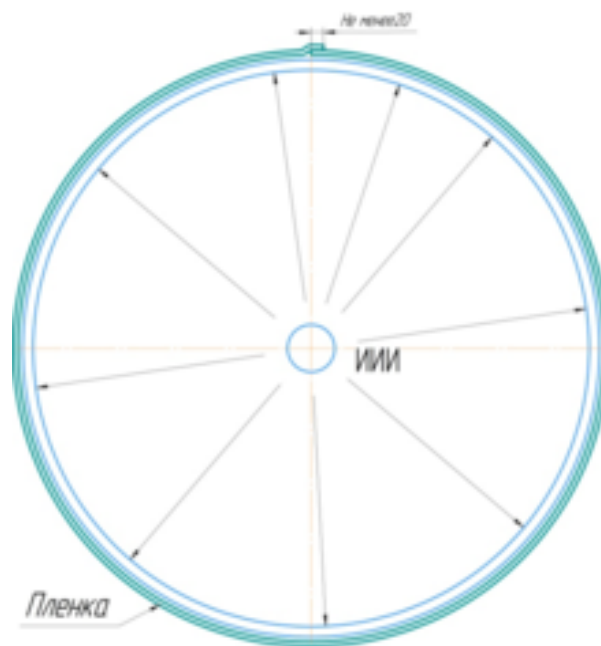


Рисунок 3.6 – Схема радиографического контроля стыкового шва

ИИИ – источник ионизирующего излучения

(Исправлен порядок)

3.4.4 Капиллярный контроль

Шероховатость контролируемых торцевых поверхностей не должна превышать Rz 20.

Перед контролем провести очистку торцев ацетоном или очистителем Sherwin.

После этого нанести пенетрант Sherwin на контролируемую поверхность торца. Время выдержки пенетранта на поверхности не менее 15 минут.

После выдержки провести очистку контролируемой поверхности торцов очистителем Sherwin. Очистку проводить тканью. Очищать поверхность до такой степени, чтобы на ткани не осталось следов пенетранта.

Далее нанести на контролируемую поверхность проявитель. Наносить проявитель следует с расстояния не менее 150 мм равномерно. При этом не следует наносить проявитель большим слоем. Для более качественного контроля желательно наносить проявитель за один проход.

После нанесения проявителя выдержать контролируемые торцы в течение не менее 30 минут и после того провести первичный осмотр. Если при первичном

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

осмотре отсутствуют дефекты, то провести дальнейшую выдержку не менее 15 минут и повторно проконтролировать.

Выводы по разделу 3:

В разделе 3 рассматриваются применяемые методы контроля качества при изготовлении газораспределительного узла. Рассматриваются особенности проведения каждого метода, выявляемые в процессе изготовления дефекты, а также величина допустимости дефектов.

Рассмотрено применяемое оборудование для контроля, а также методика проведения каждого метода контроля.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При изготовлении узла соединительного используется автоматическая сварка в среде защитных газов (корневой проход) и автоматическая сварка под флюсом (заполняющие и облицовочные проходы).

При выполнении сварки металлов на исполнителей работ оказывают воздействие различные вредные и опасные производственные факторы. К вредным производственным факторам относятся:

- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение дуги при сварке, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемых изделий;
- электромагнитные поля;
- ионизирующие излучения;
- шум.

При сварке в зоне дыхания исполнителей присутствуют разные сварочные аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы окислы металлов и другие химические соединения, а также выделяемые токсичные газы. Воздействие на организм вредных веществ является причиной острых и хронических профессиональных заболеваний и отравлений.

Интенсивность излучения сварочной дуги в оптическом диапазоне, а также его

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

спектр зависят от:

- мощности дуги;
- применяемых сварочных и основных материалов;
- состава защитных и плазмообразующих газов.

При отсутствии защиты возможны поражения органов зрения и ожоги кожных покровов. Негативное воздействие на здоровье оказывает инфракрасное излучение предварительно подогретых изделий, а также нагревательных устройств.

Источниками повышенного шума являются плазмотроны, пневмоприводы, генераторы, вакуумные насосы и т. д. Источниками ультразвука являются ультразвуковые генераторы, рабочие органы установок и т. д.

Опасными производственными факторами являются:

- электрический ток;
- искры и брызги расплавленного металла;
- вероятность взрыва баллонов и систем, которые находятся под давлением;
- движущиеся механизмы и изделия.

4.1 Электробезопасность

При неправильной эксплуатации электрооборудования может произойти поражение электрическим током.

При эксплуатации электросварочных установок применяются различные средства защиты, делящиеся на:

- изолирующие;
- ограждающие;
- заземление электрооборудования;
- вспомогательные.

Средства защиты изолирующие подразделяются на:

- основные;
- дополнительные.

Основные длительное время выдерживают напряжение электрической

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

установки, поэтому ими допускается касание токоведущих частей, которые находятся под напряжением. Основными изолирующими средствами защиты являются:

- резиновые перчатки диэлектрические;
- инструмент с изолирующими рукоятями и токоискателями.

Дополнительные не могут защитить человека от поражения током из-за недостаточной электрической прочности. К ним относятся:

- обувь резиновая;
- коврики;
- подставки изолирующие.

Коврики и обувь резиновая используются при технологических операциях, выполняемых основными защитными средствами.

Средства защиты ограждающие предназначаются для временного ограждения токоведущих частей. К ним относятся:

- щиты;
- клетки;
- прокладки изолирующие;
- изолирующие колпаки.

Вспомогательные предназначены для защиты от воздействий световых, тепловых и механических. К ним относятся очки защитные, рукавицы и т.п.

Перед работой осматривается и проверяется надежность контакта и крепления заземляющих проводов с корпусами сварочных трансформаторов и сварочных машин, сварочных столов, исправность пусковых и отключающих устройств - рубильников, магнитных пускателей, включателей, изоляцию токоведущих проводников, наличие необходимого исправного инструмента, стеллажей, а также освещенность.

Переносной светильник должен иметь защитную сетку, изолированную рукоятку и провод.

При одновременном применении сварочных трансформаторов или аппаратов их располагают так, чтобы расстояние между ними было не менее 35-40см. сварочный

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

изоляция.

Источники питания сварочные установки должны быть защищены предохранителями или автоматическими выключателями со стороны питающей сети.

Многопостовые сварочные агрегаты должны иметь также автоматический выключатель в общем проводе к сварочному посту.

Передвижные сварочные установки обязательно заземляют перед началом работ, до включения установки в цепь. Сначала заземляющий провод подсоединяют к магистрали, а затем к сварочному оборудованию. Снимают заземление только после окончания работ; конец заземляющего провода отсоединяют от корпуса сварочного агрегата или изделия, а затем от магистрали заземления (или от заземлителя).

Рабочие место сварщика под открытым небом ограждают переносными ширмами, а сварочные машины устанавливают под навесом легкого типа.

При сварке тяжелых (более 20кг) и громоздких изделий рабочие место сварщика оборудуют грузоподъемными механизмами (краном, лебедкой и т.д.).

Нельзя использовать без изоляции провод, идущий от источника питания к сварочной детали, и подавать напряжение к сварочному изделию через систему последовательно соединенных металлических листов, рельсов и т.д.

Сварочные провода должны быть гибкими, с легкой и прочной изоляцией. Жесткие провода с тяжелой изоляцией утомляют сварщика и затрудняют процесс сварки. Обычно для сварочной цепи используют провода из тонких медных отожженных луженых проволок.

Подключают сварочное оборудование к силовой сети при помощи закрытого рубильника, контактора или специального выключателя. При отсутствии заземления применяют кожухи из изолирующего материала.

Защитное заземление предназначено для устранения вероятности поражения электрическим током при появлении поражения на частях электрического оборудования.

4.2 Техника безопасности при сварочных работах

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

При электросварочных работах сварщики снабжаются спецодеждой, комбинезоном из плотной материи или брезентовой курткой и брюками, причем карманы у куртки закрываются клапанами. Заправлять куртку в брюки заправлять куртку в брюки запрещается. Брюки должны быть длинными, закрывающими ботинки, носить их нужно навывпуск.

Спецодежда пропитывается огнеупорной пропиткой. Обувь необходимо плотно зашнуровывать, чтобы в ботинки не попали брызги. Голову необходимо покрывать головным убором без козырька.

Наибольшую опасность для глаз представляют ультрафиолетовые лучи длинами волн ниже 320нм и инфракрасные лучи 150-700нм, интенсивное и длительное воздействие которых может вызвать помутнение хрусталика глаза.

Для защиты глаз от ослепительного света и интенсивного ультрафиолетового и инфракрасного излучения служат светофильтры. Они применяются в очках, щитках, масках, без которых электросварочные работы запрещаются.

Электросварщик должен иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже второй.

Перед началом сварочных работ электросварщик проверяет:

- защитные приспособления,
- шлем;
- щиток;
- диэлектрический коврик или диэлектрические боты.

После проверки необходимо надеть костюм брезентовый с огнестойкой пропиткой, ботинки, головной убор, диэлектрические перчатки или брезентовые рукавицы.

Температура нагретой поверхности оборудования не должен превышать 45С.

Источники тока должны быть надежно заземлены (ГОСТ12.2.007.0). В процессе эксплуатации напряжение холостого хода источника питания не должен превышать 80в для источников переменного тока и 100в – постоянного. Источники питания должны быть оборудованы вольтметром и сигнальной лампочкой, указывающими

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.384.00 ПЗ					

на наличие или отсутствие напряжения в сварочной цепи, блоками ограничения холостого хода.

При сварке сварочная дуга и расплавленный металл могут быть источником травмирования электросварщика. Для защиты сварщика от излучения и брызг металла используются защитные щитки. Они также используются для защиты окружающего воздуха рабочей зоны.

Зачистку поверхности металла выполняют в защитных предохранительных очках с прозрачными небьющимися стеклами или в защитных очках.

Для защиты тела от искр и брызг расплавленного металла и шлака, повышенных температур материалов и оборудования предназначена спецодежда всепогодная и летняя из брезента с термостойкой и огнестойкой пропиткой. Руки следует защищать рукавицами (ГОСТ12.4.010).

Спецодежда (куртки и брюки) изготавливаются из материала, защищающего сварщика от излучения дуги. Во время работы куртку необходимо застегнуть, карманы закрыть клапанами, ботинки плотно зашнуровать, брюки должны закрывать ботинки во избежание попадания брызг металла на ноги. Спецодежда, спецобувь и рукавицы должны быть сухими, без следов масла.

При сварочных работах на открытом воздухе в холодное время года спецодежда дополняется теплозащитными подстежками в соответствии с климатическими зонами.

4.3 Вентиляция

Вентиляция подразделяется на общую и местную.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимые концентрации, регламентированные ГОСТ 12.1.005. В случае превышения содержания этих веществ в воздухе рабочей зоны (если невозможно организовать эффективную вентиляцию) нужно применять защитную маску сварщика с принудительной подачей очищенного воздуха в зону дыхания «Шмель-40» или специально предназначенные для защиты от сварочных аэрозолей

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

взрывопожарной опасности на следующие категории. При ремонте сосуда взрывопожарная опасность соответствует категории В.

Категория В - это производство, в которой обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Пожарная безопасность при выполнении сварочных работ может быть обеспечена совокупностью мероприятий, направленных на предупреждение пожаров, предотвращение распространения огня в случае его возникновения и создание условий, способствующих быстрой ликвидации начавшегося пожара.

Мероприятия, устраняющие причины возникновения пожаров, подразделяются на организационные, эксплуатационные, технические и режимные.

Организация мероприятий- обучение сварщиков противопожарным правилам, беседы, инструктажи, организация добровольных дружин и т.д.

Эксплуатационные мероприятия - правильная эксплуатация, профилактические ремонты, осмотры и испытания сварочного оборудования и устройств и т.д.

Технические мероприятия - соблюдение противопожарных норм и правил при установке сварочного оборудования, устройств системы вентиляции, защитного заземления, зануления и отключения, подводе электропроводки.

Режимные мероприятия - запрещение сварочных и других работ в пожароопасных местах, а также курения в не установленных местах.

Запрещается одновременная работа в закрытых листовых конструкциях электро- и газосварщиков (газорезчиков). Рабочие места сварщиков должны ограждаться переносными ширмами или щитами из негорючих материалов. Сварка во время дождя и грозы запрещается. Применение в местах производства сварочных работ огнеопасных материалов запрещается.

Не допускается производство работ на высоте при силе ветра 6 баллов, а при монтаже глухих панелей - 5 баллов. На рабочих местах должно быть общее и местное освещение.

В местах, где возможно образование и скопление вредных газов, должна устанавливаться вентиляция, а рабочие должны снабжаться респираторами, противогазами, кислородными приборами или шланговыми противогазами.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Запрещается выполнять сварочные работы на сосудах, находящихся под давлением.

Сварщик должен знать, где расположены ближайший пожарный кран, рукава, стволы, огнетушители, песок и другие средства огнетушения, и уметь пользоваться первичными средствами огнетушения.

Пожарную технику, предназначенную для защиты строительного-монтажных объектов, подразделяют на следующие группы: пожарные машины (автомобили, мотопомпы и прицепы); установки пожаротушения; установки пожарной сигнализации; огнетушители; пожарное оборудование; пожарный ручной инвентарь; пожарные спасательные устройства.

В качестве пожарных извещателей используются тепловые датчики типа ДТП, а приемной станцией служит пульт пожарной сигнализации типа ППС-1, устанавливаемый в помещении щитов управления. При возникновении пожара в контролируемых помещениях котельной на пульте загорается соответствующая сигнальная лампа «Тревога» и подается звуковой сигнал. Сеть пожарной сигнализации выполняется проводом марки ТРП.

Для ликвидации очага загорания в электропроводке, электрических машинах и трансформаторах применяют углекислотные огнетушители, предварительно обесточив эти очаги. В случае возникновения пожара надо немедленно принять меры к его ликвидации имеющимися средствами и при необходимости вызвать пожарную команду.

Использовать инвентарь пожаротушения для других целей запрещается.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

4.6 Планировка участка

Планировка участка показана на рисунке 4.1.

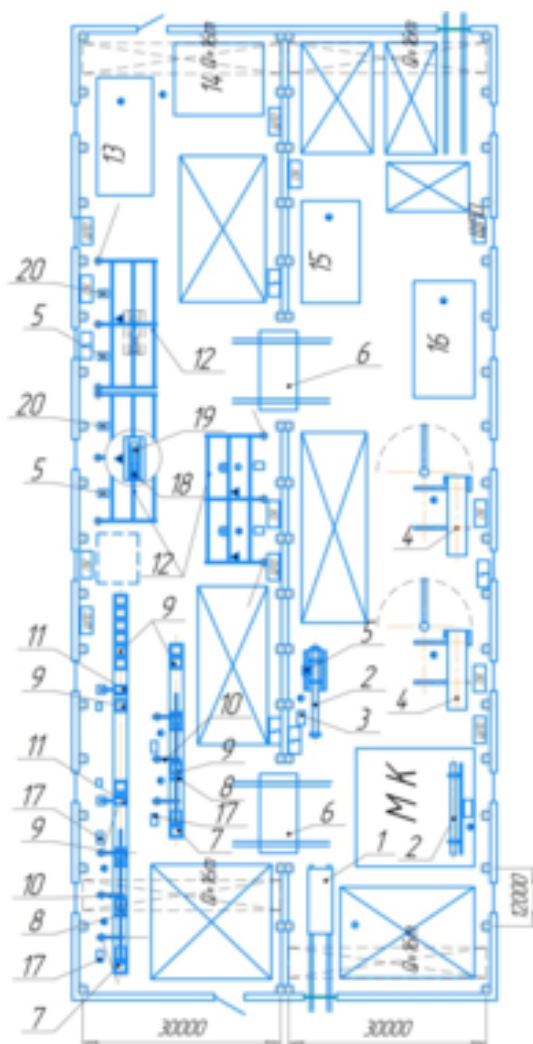


Рисунок 4.1 – Планировка участка (Исправлено)

~~[очень-мелкие значения габаритных размеров и номеров позиций]~~

- 1 – Путь рельсовый с вагоном; 2 – Стенд роликовый; 3 – Шкаф управления
стендовым роликом; 4 – Стан трубогибочный; 5 – Источник питания FastMIG
KMS 500; 6 – Путь рельсовый с тележкой; 7 – Планшайба зажимная; 8 – станок
SuperCutter; 9 – Опора роликовая; 10 – Кран-балка консольная; 11 – Деовализатор;
12 – Участок сборочно-сварочный; 13 – Установка для гидроиспытаний;
14 – Камера для рентгеновского контроля; 15 – Дробеметная установка;
16 – Камера для нанесения покрытия; 17 – Гидростанции для станка
SuperCutter; 18 – Колонна сварочная; 19 – Кантователь кольцевой; 20 – Источник
питания Power Wave AC/DC 1000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.384.00 ПЗ

Лист

74

[набок картинку положите (90 град. против часовой), размер позиций увеличить на пару пт. от основного. Сейчас такие обозначения как «ПЯ, ЩПО» и т.п. сливаются с объектами планировки. При рекомендуемом расположении надпись рисунка «поворачивается» с картинкой] **Скорректировано**

Планировка показана с учетом предлагаемого варианта технологического процесса изготовления узла газораспределительного.

Вначале, заготовки поставляются через рельсовый путь (поз. 1, рисунок 4.1) в цех. После этого производится разгрузка и заготовки складываются на участке контроля (МК). Трубы для контроля укладываются на стенд роликовый (поз. 2, рисунок 4.1) и контролируются.

После этого трубы для обрезки укладываются комплекс обрезки труб, который состоит из планшайбы зажимной (поз. 7, рисунок 4.1), станка SuperCutter (поз. 8, рисунок 4.1), опоры роликовой (поз. 9, рисунок 4.1), консольной кран-балки (поз. 10, рисунок 4.1), деовализатора (поз. 11, рисунок 4.1). Таких комплекса два, каждый из которых производит заготовки различной длины. На эти комплексы трубы транспортируются через рельсовый путь с тележкой (поз. 6, рисунок 4.1).

После обрезки трубы отправляют на изготовление отводов на трубогибочный стан (поз. 4, рисунок 4.1).

После производства все заготовки отправляют на сборочно-сварочный участок (поз. 12, рисунок 4.1). На сборочно-сварочном участке располагается:

- комплекс для сварки кольцевых швов (поз. 18, рисунок 4.1);
- кантователь кольцевой (поз. 19, рисунок 4.1);
- источник питания FastMIG KMS 500 (поз. 5, рисунок 4.1);
- источник питания Power Wave AC/DC 1000 (поз. 20, рисунок 4.1).

Все места, где производятся сварочные работы оснащены местными отсосами воздуха.

Для транспортирования деталей небольших габаритных размеров применяются ручные тали.

Радиографический контроль швов проводится в камере для радиографического контроля (поз. 14, рисунок 4.1).

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

После проведения всех сборочно-сварочных операций узел проходит дробеметную очистку в специальной камере (поз. 15, рисунок 4.1). Далее производится покрытие узла в камере (поз. 16, рисунок 4.1).

Выводы по разделу 4:

В разделе 4 рассмотрены возникающие опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают влияние на жизнь и здоровье исполнителей работ. Рассмотрены способы снизить влияние этих факторов.

Описана техника безопасности при производстве различных видов работ, а также с применением подъемно-транспортных механизмов.

Рассмотрена планировка рабочих мест с описанием основных типов оборудования.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе было предложено усовершенствовать существующую технологию сборки и сварки узла магистрального газопровода, предназначенного для транспортировки сжиженного газа. Узел предназначается для изменения направления транспортировки среды, а также и переходу к трубопроводу с меньшим диаметром.

При анализе существующей технологии изготовления выявлены ее недостатки, устранение которых предложено реализовать заменой способа автоматической орбитальной сварки в среде защитных газов при заполнении и облицовке сварного шва на автоматическую под слоем флюса двумя навесными головками. Для этого потребуется обновить парк оборудования сварочной колонной и двумя навесными головками для сварки под слоем флюса.

Это позволило сократить трудозатраты, время на изготовление узла, а также повысить общую культуру производства.

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 19281-2014 «Прокат повышенной прочности. Технические условия».
2. ГОСТ 6996-66 «Сварные соединения. Методы определения механических свойств».
3. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
4. ТУ 5929-002-00186654 «Флюсы плавляемые и керамические. Технические условия».
5. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
6. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.
7. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
8. <http://weldexpert.ru>.
9. <http://weldz.ru/>
10. <http://www.gazss.ru>.
11. <http://svarkainfo.ru>.
12. <http://mmk-metiz.ru>
13. <http://mossklad.ru>
14. <http://www.lincolnweld.ru>
15. <https://www.enerprom.ru>
16. <http://defektoskopist.ru>.

~~[ссылки на статьи из интернета оформлять по СТО на ВКР, вставить~~

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

~~соответствующие ГОСТы по сварке, добавьте кол-во лит-ры~~

					15.03.01.2019.384.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79