

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Совершенствование технологии сварки труб диаметром 1220мм  
в условиях ПАО «ЧТПЗ».

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-15.03.01.2019.180.00 ПЗ ВКР**

Руководитель работы

\_\_\_\_\_ Должность

\_\_\_\_\_ Подпись И.О., Фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы

студент группы ПЗ-540

\_\_\_\_\_ В.А. Лебедев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролёр

старший преподаватель

\_\_\_\_\_ Ю.В. Безганс

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Челябинск, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	10
1.1 Анализ конструкции изделия.....	10
1.2 Описание основного материала.....	13
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	16
2.1 Базовый вариант технологии изготовления труб.....	16
2.2 Проектируемый вариант технологии изготовления труб.....	25
2.3 Расчет режимов сварки.....	26
2.3.1 Расчет режимов сварки наружного шва 1-ой дугой.....	27
2.3.2 Расчет режимов сварки наружного шва 2-ой дугой.....	32
2.3.3 Расчет режимов сварки наружного шва 3-ей дугой.....	33
2.3.4 Расчет режимов сварки наружного шва 4-ой дугой.....	34
2.3.5 Расчет режимов сварки наружного шва 5-ой дугой.....	36
2.4 Описание конструкции сварочной установки.....	41
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА.....	45
3.1 Способы и средства контроля качества.....	45
3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.....	46
3.3 Оборудование для контроля качества.....	47
3.4 Методика контроля.....	51
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	54
4.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	54
4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ.....	55
4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда.....	55
4.2.2 Обеспечение электрической безопасности.....	56
4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности.....	59

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами .....	59
4.4 Планировка участка.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	65

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

## ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения транспортировки большого количества нефти и газа требуется строительство новых магистралей. В условиях экономических ограничений требуется искать пути сбыта нефти и газа на различные зарубежные рынки. Для этого строятся новые газо- и нефтепроводы.

В настоящее время производством труб занимаются четыре крупных завода: Челябинский трубопрокатный завод, Выксунский металлургический завод, Ижорский трубный завод, Волжский трубный завод. Заказы на заводы распределяются неравномерно, поэтому, в условиях высокой конкурентной борьбы требуется производить трубы высокого качества при высоких производственных объемах.

ПАО «ЧТПЗ» является наиболее крупным производителем труб большого диаметра. Изготовлением таких труб занимаются цех №6 и цех «Высота 239». В цехе №6 производятся двухшовные трубы.

В выпускной квалификационной работе рассматривается совершенствование технологии сварки труб диаметром 1220 мм в условиях ПАО «ЧТПЗ». Выпуск данного типоразмера изделия осуществляется в цехе №6.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

# 1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Анализ конструкции изделия

В цехе №6 ПАО «ЧТПЗ» изготавливаются трубы различного диаметра и толщины стенки. В работе рассмотрим технологию изготовления трубы 1220×21 мм.

Труба является металлической конструкцией, которая изготавливается сваркой из двух полуцилиндров двумя продольными швами. Труба 1220×21 мм показана на рисунке 1.1.

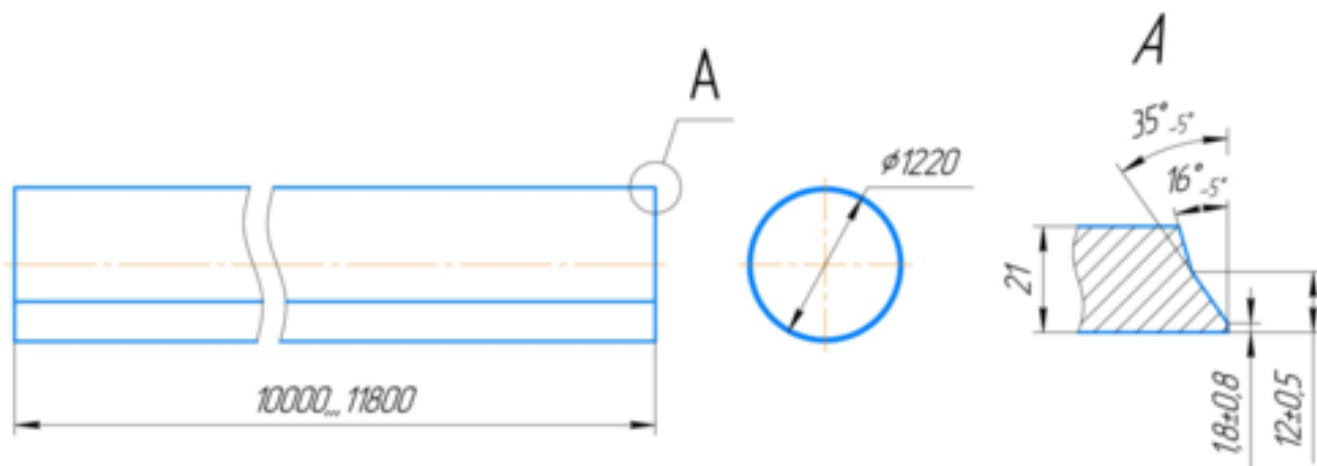


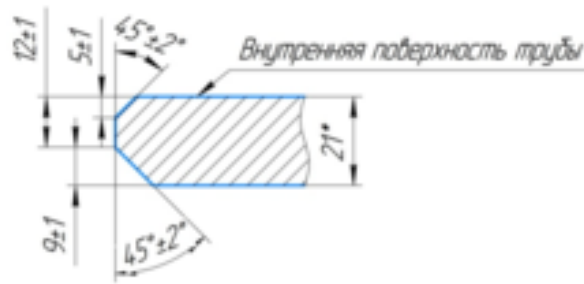
Рисунок 1.1 – Труба 1220×21

Главной особенностью эксплуатации таких труб является влияние высокого давления и пониженной температуры эксплуатации. Поэтому, к качеству труб предъявляются повышенные требования. Материал должен обладать высокой прочностью и ударной вязкостью.

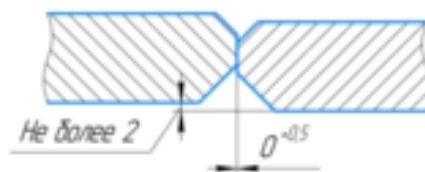
Вид продольных сварных швов показан на рисунке 1.2.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

### Разделка продольной кромки



### Сборка продольных кромок



### Сварка продольных кромок

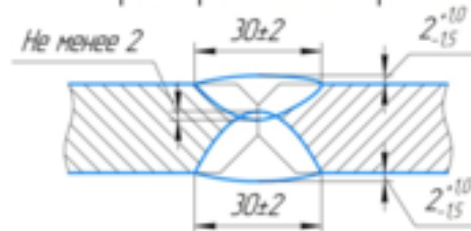


Рисунок 1.2 – Вид продольных сварных швов

Предельные отклонения от номинальных размеров:

- по наружному диаметру концов труб на длине не менее 200 мм (определяется визуально) от каждого конца трубы –  $\pm 1,6$  мм;
- по наружному диаметру по телу трубы –  $\pm 3$  мм;
- отклонение от теоретической окружности в зоне сварного шва на дуге окружности длиной не менее 200 мм не должно превышать 0,15% номинального диаметра трубы (для диаметра 1220 мм отклонение составляет 1,83 мм);
- величина овальности не должна превышать 0,8% от номинального диаметра трубы (для диаметра 1220 мм овальность составляет 9,8 мм);
- предельные отклонения по толщине стенки для труб: нижнее предельное отклонение не должно превышать 5% от номинальной толщины стенки, верхнее предельное отклонение – согласно требованиям [1] для максимальной ширины листовой стали нормальной точности прокатки;
- кривизна труб не должна превышать 1,5 мм на 1 м длины;

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						12

– общая кривизна труб не должна превышать 0,2% от длины трубы.

На поверхности трубы контролируется отсутствие рванин, сквозных разрывов, раскатанных корочек, раскатанного пригара, вздутий, трещин, плен, загрязнений и вкатанной окалины.

Концы труб должны быть обработаны на торцефасочном станке под прямым углом и иметь фаску. Значение косины реза не должно превышать 1,6 мм и обеспечивается конструкцией оборудования.

Сварные швы должны иметь плавный переход от основного металла к металлу шва без острых углов, несплавлений и других дефектов формирования. Высота усиления наружного сварного шва должна быть в пределах 0,5...3 мм.

Высота усиления внутреннего шва должна быть в пределах 0,5...3 мм.

Усиление внутреннего шва на длине не менее 150 мм от концов трубы (определяется визуально) должно быть снято до значения не более 0,5 мм.

Смещение свариваемых кромок в сварном соединении не должно превышать 2 мм. Смещение осей наружного и внутреннего швов на торцах трубы не должно превышать 4 мм с перекрытием швов не менее 2 мм. Перекрытие швов обеспечивается технологией сварки.

Ширина швов обеспечивается технологической настройкой сварочных станков.

В местах ремонта допускается увеличение ширины сварных швов до 3 мм.

В сварных швах не допускаются следующие виды дефектов:

- подрезы глубиной более 0,4 мм;
- скопления пор, выходящие на поверхность;
- одиночные поры, выходящие на поверхность;
- непровары;
- трещины;
- свищи;
- перехваты;
- наплывы;
- внутренние поры диаметром более 1,6 мм;
- проседания и дефекты формирования шва.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

## 1.2 Описание основного материала

При изготовлении труб применяется конструкционная легированная сталь марки 10Г2ФБЮ, поставляемая в виде листового проката согласно требованиям [2]. Данная сталь предназначена для изготовления электросварных прямошовных труб класса прочности К60 для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.

Химический состав стали 10Г2ФБЮ представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ [2]

В процентах

C	Si	Mn	V	Al	Nb	Ti	Cu	Cr	Ni	S	P
							Не более				
0,08... 0,13	0,15... 0,35	1,6... 1,8	0,05... 0,12	0,02... 0,05	0,02... 0,06	0,01... 0,035	0,3	0,3	0,3	0,035	0,03

Механические свойства проката из стали 10Г2ФБЮ представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 10Г2ФБЮ [2]

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %
Не менее		
590	460	19

В настоящее время, оценку склонности стали к образованию холодных трещин при приемке металлопроката производят по нескольким методикам. Наиболее широко применяется методика оценки свариваемости через расчет углеродного эквивалента. Расчет углеродного эквивалента для сталей, предназначенных для изготовления труб, поставляемых по требованиям [2] осуществляется по формуле (1.1) из [2]:



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

где C, Mn, Cr, Mo, Ni, Cu, V – максимальное содержание в рассматриваемой стали углерода (C), марганца (Mn), хрома (Cr), никеля (Ni), меди (Cu), ванадия (V), %.

При расчете в формулу всегда подставляются фактические значения содержания элементов, указанные в сертификатах качества. При отсутствии таких значений в формулу (1.1) подставляются максимальные значения содержания элементов. Рассчитаем значение  $C_{\text{Э}}$  для стали 10Г2ФБЮ:

$$C_{\text{Э}} = 0,13 + \frac{1,8}{6} + \frac{0,3+0,12}{5} + \frac{0,3+0,3}{15} = 0,55 \text{ \%}.$$

Для конструкционных легированных сталей, предназначенных для изготовления труб предельное значение эквивалента углерода  $C_{\text{Э}}$ , при котором не применяется предварительный подогрев, составляет 0,43%. Полученное значение эквивалента углерода для стали 10Г2ФБЮ превышает требуемое, поэтому перед сваркой требуется рассчитать теоретическую температуру предварительного подогрева.

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

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

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

Полный эквивалент углерода ( $|C|_{\text{Э}}$ ) определяется 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, %.

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ				

Химический эквивалент углерода ( $|C|_X$ ) определяется по формуле (1.4) из [3]:

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

где C, Mn, Cr, Mo, Ni – максимальное содержание в рассматриваемой стали углерода (C), марганца (Mn), хрома (Cr), молибдена (Mo), никеля (Ni), проверенное ковшовой пробой, %.

Подставим принятые значения содержания химических элементов в формулу (1.4) и получим, что химический эквивалент углерода ( $|C|_X$ )

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

Размерный эквивалент углерода ( $|C|_P$ ) определяется по формуле (1.5) из [3]:

$$|C|_P = 0,005S|C|_X, \quad (1.5)$$

где  $S = 21$  – максимальная толщина свариваемых деталей, мм.

Подставим принятые значения содержания химических элементов и толщины в формулу (1.5) и получим, что размерный эквивалент углерода  $|C|_P$

$$|C|_P = 0,005 \cdot 21 \cdot 0,38 = 0,04 \%$$

Подставим полученные значения  $|C|_X$  и  $|C|_P$  в формулу (1.3) и получим, что полный эквивалент углерода ( $|C|_Э$ )

$$|C|_Э = 0,38 + 0,04 = 0,42 \%$$

Таким образом, по формуле (1.2) получим, что температура предварительного подогрева ( $T_0$ )

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$T_0 = 350 \cdot (0,42 - 0,25)^{0,5} = 144,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Полученное значение температуры является наиболее оптимальным для того, чтобы избежать появления холодных трещин. В то же время, данное значение температуры получено расчетом по максимально возможному содержанию химических элементов. Фактически, при сварке труб предварительный подогрев не применяется.

Выводы по разделу 1:

В разделе 1 рассматривается конструкция двухшовных труб, предназначенных для магистрального трубопровода. Описаны требования, предъявляемые к трубам. Приведена схема продольной фаски, сборки и сварного шва. Проведен анализ стали, оценена ее свариваемость. По результатам расчета свариваемости определена теоретическая температура предварительного подогрева. Но при этом, предварительный подогрев применяться не будет.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Базовый вариант технологии изготовления труб

В первую очередь, проводится входной контроль поставляемых листов. На этом этапе проверяются сертификатные данные, а также заводская маркировка листов.

Перед отправкой трубы в производство каждый лист осматривается службой цеха технического контроля с одной стороны для выявления недопустимых дефектов.

После этого лист при помощи подъемного крана (грузоподъемность 20 т) с магнитным держателем устанавливается на рольганг большого стана. По рольгангу лист проходит правку на листопрямильных вальцах. Количество вальцев составляет 9 штук, то есть 4 штуки сверху и 5 штук снизу.

После правки листы по потоку проходят очистку проволочными щетками для

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

снятия прокатной окалины и грязи. Щетки изготовлены из стального плетеного каната диаметром 12 мм.

Далее листы по рольгангу проходят через смотровую площадку, на которой осмотр поверхности производит помощник оператора кромкострогального станка.

Далее листы по потоку отправляют на строжку фасок продольных кромок для сварки продольных швов. Фаски нарезаются на кромкострогальном стане с продольным расположением токарных резцов.

После точения фаски каждый 10-й лист, останавливают на следующей смотровой площадке и проверяют соответствие геометрических параметров фаски (см. рисунок 1.2). На этой же площадке контролируется ширина листа.

После строжки листы проходят формовку полуцилиндра. Формовка проводится в три этапа в следующем порядке:

- подгибка кромок;
- первичная формовка;
- окончательная формовка.

Формовка проводится прессами, установленными последовательно по технологическому потоку. Каждый пресс оснащен матрицей и пуансоном.

После окончательной формовки на наружной стороне листа краской маркируется номер полуцилиндра, который в дальнейшем будет составлять двоичный номер трубы.

После формовки полуцилиндры отправляются на сборку. Сборка осуществляется через один пролет от пролета формовки.

Сборка полуцилиндров в трубу производится в сварочной клети технологического стана. Клеть обеспечивает совмещение свариваемых кромок, а также компенсирует возможное смещение кромок по длине и выравнивает теоретическую окружность. Все компенсационные меры осуществляются прижимным роликом.

Первым этапом после сборки является сварка первого технологического шва на первом технологическом стане. Сварка автоматическая в среде смеси газов ГС-1 ( $90\pm 5\% \text{CO}_2 + 10\pm 5\% \text{Ar}$ ).

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Сварка технологического шва начинается на расстоянии не менее 100 мм от торца и дуга гаснет на том же расстоянии от другого торца. Сварка шва выполняется непрерывно. Технологический шов, по своим свойствам и назначению, является прихваткой. Следовательно, в дальнейшем он перекрывается наружным швом. В процессе сварки технологического шва производится очистка околошовной зоны абразивным камнем от брызг металла.

После сварки первого технологического шва производится сварка второго технологического шва на втором технологическом стане. Для этого трубная заготовка поворачивается на 180° стыком вверх при помощи поворотных роликов, которые установлены в промежутке между первым и вторым станами. Второй технологический шов сваривается аналогично первому. Режимы сварки технологического шва приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Режимы сварки технологического шва

Сила тока $I_{СВ}$ , А	Диаметр проволоки $d_э$ , мм	Напряжение дуги $U_д$ , В	Скорость подачи проволоки $V_{ПП}$ , см/мин	Скорость сварки $V_{СВ}$ , м/ч	Расход газа, л/мин
1100...1200	4	22...24	320...360	205...220	50...75

После сварки технологических швов труба отправляется далее по потоку на участок приварки планок. Участок оборудован поворотными роликами для вращения трубы. Перемещение трубы с рольганга на поворотные ролики осуществляется тележкой.

На участке приварки планок с двух торцов трубы свариваются планки и незаваренные технологическим швом участки трубы механизированной сваркой в среде защитных газов. Там же производится осмотр технологического шва на предмет наличия трещин, пор и подрезов. При их обнаружении, дефекты вычищаются и участок заваривается.

После механизированной сварки производится зачистка высоты швов до уровня основного металла.

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.01.2019.180.00 ПЗ

После приварки планок труба отправляется далее по потоку на станы сварки внутренних швов. Таких станов в цехе №6 пять штук.

Внутренние швы, как и наружные, свариваются автоматической многодуговой сваркой под слоем флюса. При сварке внутренних швов применяются сварочные головки с тремя дугами. При этом, первая дуга выполняет сварку на постоянном токе обратной полярности, а остальные на переменном токе.

Перед сваркой внутренних швов труба подается на сварочную клетку с подъемным механизмом. После этого производится подъем трубы.

Электросварщик при помощи пульта управления настраивает вылет проволоки, позиционирование проволок относительно стыка, настраивает режимы сварки.

Сварочная головка закреплена на штанге и оснащена колесами для передвижения внутри трубы.

Режимы сварки внутренних швов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Режимы сварки внутренних швов

Номер дуги	Род тока, полярность	$d_{э}$ , мм	$I_{св}$ , А	$U_{д}$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$V_{под}$ , м/мин
1	Постоянный, обратная	4	850...950	32...36	100...120	3,3
2	Переменный		750...850	36...40		5,21
3	Переменный		650...800	38...44		4,63

Слежение за передвижением тележки внутри трубы вдоль стыка осуществляется при помощи камеры, которая транслирует изображение на пульт управления электросварщика. Начало и конец каждого шва выводится на технологические планки.

После выполнения сварки первого внутреннего шва труба отправляется на очистку внутренней поверхности от шлаковой корки и остатков флюса. После очистки труба может отправиться на тот же стан, на котором варился первый шов, а может и на любой другой. Второй внутренний шов сваривается аналогично

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

первому на режимах, показанных в таблице 2.2.

После сварки второго шва труба отправляется на сварку наружных швов. Наружные швы свариваются на станах для сварки наружных швов. Таких станов в цехе №6 три штуки.

Труба из потока подается на сварочную тележку, оснащенную поворотными роликами. Сварка обоих наружных швов выполняется на одном стане.

Сварка наружных швов выполняется автоматическим способом под слоем флюса сварочными головками с четырьмя дугами. При этом, первая дуга производит сварку на постоянном токе обратной полярности, а остальные на переменном токе.

Режимы сварки наружных швов представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Режимы сварки наружных швов

Номер дуги	Род тока, полярность	dэ, мм	I <sub>СВ</sub> , А	U <sub>д</sub> , В	V <sub>СВ</sub> , м/ч	V <sub>ПОД</sub> , м/мин
1	Постоянный, обратная	5	1000...1100	32...36	125...145	4,2
2	Переменный	4	850...900	34...38		5,1
3	Переменный		650...800	36...42		3,3
4	Переменный		600...750	38...44		3,15

После сварки наружных швов трубу очищают от шлака и отправляют на промывку внутренней поверхности.

После промывки, труба проходит операцию технологического ультразвукового контроля. При обнаружении аномалий, дефектное место отмечают, и труба проходит операцию технологического рентгентелевизионного контроля. При подтверждении дефекта, на трубе делается меловая отметка.

После прохождения первичного неразрушающего контроля, труба отправляется на ремонтную площадку. На ремонтной площадке производится осмотр труб после сварки, проводятся измерения ширины и высоты швов и устраняются дефекты.

После контроля на ремонтной площадке труба отправляется на удаление планок. Удаление производится орбитальной плазменной резкой.

Далее труба по потоку отправляется на механическую зачистку места реза от шлака и грата.

После этого труба отправляется на повторную промывку. Далее труба проходит операцию механического экспандирования для придания требуемой геометрии.

После экспандирования труба проходит гидравлические испытания. В трубу закачивают воду до достижения давления, равного испытательному по заказу на трубы и выдерживают не менее 20 с. После этого давление сбрасывается и трубы отправляются на площадку инспекционного контроля.

На площадке инспекционного контроля проводится контроль геометрии трубы, а также контроль геометрии сварных швов после экспандирования.

После контроля на инспекционной площадке труба отправляется далее по потоку на установку автоматического ультразвукового контроля. На данной установке производится контроль сварных швов труб, околошовной зоны на расстоянии не менее 40 мм от шва, а также основного металла труб по концам на расстоянии менее 40 мм от торца.

После этого трубы отправляются на рентгентелевизионный контроль концов труб на участках длиной до 200 мм.

После контроля трубы проходят по потоку на торцефасочный станок.

Далее трубы передаются на площадку окончательной приемки, где контролируются фаски магнитно-люминисцентным контролем на наличие расслоений, а также проверяется угол скоса фаски, величина притупления. В то же время при помощи травления сварных швов проверяется величина перекрытия наружного и внутреннего швов и их относительное смещение.

В качестве присадочного материала при сварке технологических швов применяется сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 4 мм, поставляемая по требованиям [4]. Сварка производится в среде смеси газов ГС-1.

Химический состав проволоки Св-08Г2С приведен в таблице 2.4.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22



Таблица 2.4 – Химический состав проволоки Св-08Г2С [4]

В процентах

C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr
			Не более			
0,05...0,11	0,7...0,95	1,8...2,1	0,25	0,03	0,025	0,2

При автоматической сварке под слоем флюса наружных и внутренних швов применяется сварочная проволока марки S2Mo диаметром 4 мм, поставляемая согласно [5].

Химический состав проволоки S2Mo приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Химический состав проволоки S2Mo [5]

В процентах

C	Si	Mn	Ni	Mo	P	S
					Не более	
0,06...0,09	0,2...0,4	0,6...1	0,6...0,85	0,9...1,05	0,012	0,01

В качестве защитной среды при автоматической сварке под слоем флюса применяется флюс ФСА ЧТ А 650-20/80, поставляемый по требованиям [6].

Химический состав флюса ФСА ЧТ А 650-20/80 приведен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Химический состав флюса ФСА ЧТ А 650-20/80 [6]

SiO <sub>2</sub>	MnO	Ca <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O+ Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub> , не более
15...22	3...6	2...6	16...22	22...25	14...18	2...4	5

Для питания сварочных дуг используют источники переменного тока (сварочные трансформаторы переменного тока) и источники постоянного тока (сварочные выпрямители).

К источникам питания сварочной дуги предъявляют следующие требования:

– напряжение холостого хода, т.е. напряжение на зажимах источника питания без включения дуги, должно быть достаточным для зажигания дуги, но не

превышать безопасной величины;

- мощность источника должна быть достаточна для питания дуги;
- источники питания дуги должны иметь устройство плавного регулирования тока в необходимых для сварки пределах.

Сварка наружных швов осуществляется универсальной подвесной четырехдуговой сварочной головкой. В процессе сварки труба перемещается при помощи двух сварочных люлек по рельсам.

Сварка внутренних швов осуществляется универсальной подвесной трехдуговой сварочной головкой.

Источники питания:

- 1 дуга – источник питания Power Wave 1000 AC/DC производства фирмы Lincoln Electric, показанный на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Источник питания Power Wave 1000 AC/DC

Характеристики источника питания Power Wave 1000 AC/DC приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Характеристики источника питания Power Wave 1000 AC/DC

Характеристика	Значение
Питание сети, В/Гц/Фаза	380/50/3
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ 100%)	1000
Пределы регулирования сварочного тока, А	100...1000
Пределы регулирования напряжения, В	24...44

Продолжение таблицы.

Номинальное рабочее напряжение, В	44
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА, не более	75
Масса, кг	295
Габаритные размеры, мм, не более	1105×488×838

Power Wave 1000 AC/DC является универсальным сварочным источником питания, который предназначен для механизированной и автоматической сварки. Он обеспечивает как жесткие, так и падающие внешние вольтамперные характеристики. Источник питания оборудован потенциометром плавной регулировки выходной мощности во всем ее диапазоне.

2, 3, 4 дуга – источник питания IdealArc AC-1200 производства фирмы Lincoln Electric, показанный на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Источник питания IdealArc AC-1200

Характеристики источника питания IdealArc AC-1200 приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8. – Характеристики источника питания IdealArc AC-1200

Характеристика	Значение
Питание сети, В/Гц/Фаза	380/50/3
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ 100%)	1200

Продолжение таблицы.

Пределы регулирования сварочного тока, А	200...1500
Пределы регулирования напряжения, В	24...44
Номинальное рабочее напряжение, В	44
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Габаритные размеры, мм, не более	1360×560×970

IdealArc AC-1200 является источником питания с падающей вольтамперной характеристикой. Он предназначен для автоматической сварки под флюсом на переменном токе.

Основными недостатками применяемой технологии являются:

– низкая производительность.

Устранение указанных недостатков предлагается произвести путем внедрения следующих мероприятий:

– увеличить число сварочных дуг при сварке наружных швов с 4 до 5, что позволит увеличить скорость сварки и, соответственно, производительность.

## 2.2 Проектируемый вариант технологии изготовления труб

Для повышения производительности в проектируемом варианте технологии сварки труб 1220×21 мм, предлагается при сварке наружных швов применить пятидуговую сварочную головку.

Для этого к существующей головке будет добавлено еще одно сопло с механизмом подачи проволоки.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

## 2.3 Расчет режимов сварки

При расчете режимов автоматической многодуговой сваркой заполнение разделки осуществляется за один проход. При этом, общая площадь наплавленного металла от каждой дуги в сумме не должна превышать площади шва.

Вид сварного шва показан на рисунке 2.3.

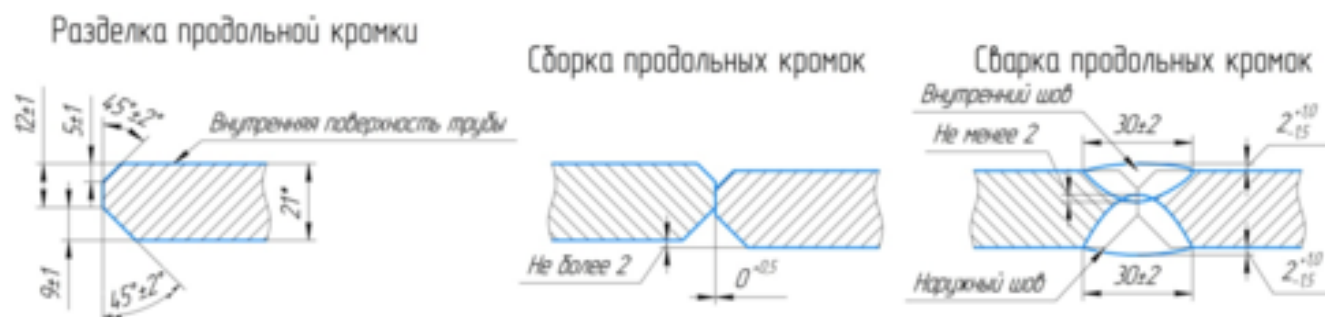


Рисунок 2.3 – Вид сварного шва

В проектируемом варианте технологии сварки изменяется количество дуг лишь для наружного шва. Технологический и внутренний шов не изменяются. Поэтому, требуется провести расчеты режимов сварки для наружного шва.

Рассчитаем требуемую площадь сечения наплавленного металла по формуле (2.1) из [3]:

$$F_H = h^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 0,73Vg, \text{ см}^2, \quad (2.1)$$

где  $h = 9$  – глубина разделки, мм;

$\alpha = 90$  – угол разделки, град;

$V = 32$  – ширина шва, мм;

$g = 3$  – высота усиления, мм.

Тогда, по формуле (2.1) получим, что

$$F_H = 9^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{90}{2} + 0,73 \cdot 32 \cdot 3 = 151 \text{ мм}^2 = 1,51 \text{ см}^2.$$

Таким образом, при пятидуговой сварке требуется обеспечить площадь наплавленного за один проход металла со значением  $1,3 \text{ см}^2$ .

Так как применение пятой дуги позволяет повысить производительность, а при четырех дуговой сварке интервал скоростей составляет  $125 \dots 145 \text{ м/ч}$ , то расчет будем проводить из условия обеспечения требуемой площади наплавленного металла при заданной скорости. Поэтому, для расчета достаточно будет определить скорость подачи проволоки  $V_{\text{под}}$ .

Примем в дальнейших расчетах, что скорость сварки  $V_{\text{СВ}} = 155 \text{ м/ч} = 4,3 \text{ см/с}$ .

### 2.3.1 Расчет режимов сварки наружного шва 1-ой дугой

При автоматической сварке труб первая дуга выполняет процесс на постоянном токе обратной полярности. Диаметр проволоки составляет  $5 \text{ мм}$ . Примем, что площадь наплавленного металла при сварке первой дугой составляет  $0,31 \text{ см}^2 = 31 \text{ мм}^2$ .

Диапазон плотностей сварочного тока при сварке под слоем флюса при диаметре электродной проволоки  $5 \text{ мм}$  составляет  $35 \dots 60 \text{ А/мм}^2$  [3]. Примем, что сила сварочного тока составляет  $1170 \text{ А}$ .

Рассчитаем плотность сварочного тока ( $j$ ) по формуле (2.2) из [3]:

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 1170}{3,14 \cdot 5^2} = 59,6 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}. \quad (2.2)$$

Полученное значение плотности тока входит в требуемый интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге ( $U_{\text{д}}$ ) по формуле (2.3) из [3]:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1, \text{ В}, \quad (2.3)$$

где  $d_{\text{Э}} = 5$  – диаметр электродной проволоки, мм;

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$I_{CB} = 1170$  – сила сварочного тока, А.

Тогда, по формуле (2.3) получим, что

$$U_{д} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{5}} \cdot 1170 \pm 1 \approx 46,2 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость подачи проволоки ( $V_{под}$ ) по формуле (2.4) из [3]:

$$V_{под} = \frac{V_{CB}}{F_{ЭЛ}} \cdot F_{Н}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (2.4)$$

где  $V_{CB} = 2,8$  – скорость сварки, см/с;

$F_{Н} = 0,3$  – площадь наплавленного металла, см<sup>2</sup>;

$F_{Э} = 0,2$  – площадь сечения электрода, см<sup>2</sup>.

Тогда, по формуле (2.4) получим, что скорость подачи проволоки  $V_{под}$

$$V_{под} = \frac{4,3}{0,2} \cdot 0,31 = 6,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем погонную энергию ( $q_{пог}$ ) по формуле (2.5) из [3]:

$$q_{пог} = \frac{0,24 U_{д} I_{CB} \eta}{V_{CB}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (2.5)$$

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

Тогда, по формуле (2.5) получим, что

$$q_{пог} = \frac{0,24 \cdot 46,2 \cdot 1170 \cdot 0,9}{4,3} = 2715,3 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Рассчитаем глубину провара ( $h$ ) по формуле (2.6) из [3]:

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$h=0,0156 \sqrt{\frac{q_{II}}{\Psi_{II}}}, \quad (2.6)$$

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

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

Рассчитаем коэффициент формы шва ( $\Psi_{II}$ ) по формуле (2.7) из [3]:

$$\Psi_{II} = \frac{k'(19-0,01I_{CB})d_{\Sigma}U_D}{I_{CB}}, \quad (2.7)$$

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

Рассчитаем коэффициент ( $k'$ ) по формуле (2.8) из [3]:

$$k'=0,367j^{0,1925}=0,367 \cdot 59,6^{0,1925}=0,81. \quad (2.8)$$

Тогда, по формуле (2.7) получим, что

$$\Psi_{II} = \frac{0,81 \cdot (19-0,01 \cdot 1170) \cdot 5 \cdot 46,2}{1170} = 1,2 \text{ ед.}$$

Тогда, по формуле (2.6) глубина провара составляет

$$h=0,0156 \cdot \sqrt{\frac{2715,3}{1,2}} = 0,74 \text{ см.}$$

Рассчитаем ширину шва ( $B$ ) по формуле (2.9) из [3]:

$$B=\Psi_{II}h=1,2 \cdot 0,74=0,89 \text{ см.} \quad (2.9)$$

						15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			30



Рассчитаем высоту валика (С) по формуле (2.10) из [3]:

$$C = \frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,31}{0,73 \cdot 0,89} = 0,48 \text{ см.} \quad (2.10)$$

Рассчитаем общую высоту шва (D) по формуле (2.11) из [3]:

$$D = h + C = 7,4 + 4,8 = 12,2 \text{ мм.} \quad (2.11)$$

Высота шва при наличии разделки кромок при многопроходной сварке для первого прохода (С<sub>2</sub>) определяется по формуле (2.12) из [3]:

$$C_2 = \sqrt{\frac{F_H - D_p}{\text{tg}\alpha}} = \sqrt{\frac{0,31}{1}} = 5,6 \text{ мм} = 0,56 \text{ см.} \quad (2.12)$$

Рассчитаем полученную глубину проплавления (H<sub>2</sub>) по формуле (2.13) из [3]:

$$H_2 = D - C_2 = 12,2 - 5,6 = 6,6 \text{ мм.} \quad (2.13)$$

Рассчитаем мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (2.14) из [3]:

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}, \quad (2.14)$$

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

$\lambda = 0,1$  – коэффициент теплопроводности, кал·с/см °С;

$T_M = 500$  – температура наименьшей устойчивости аустенита, °С;

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

$k_1$  – коэффициент приведения для первого прохода многопроходного шва, ед.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Безразмерный критерий процесса  $\bar{\omega}$  зависит от другого безразмерного критерия ( $1/\theta$ ), который определяется по формуле (2.15) из [3]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)}, \quad (2.15)$$

где  $c\gamma = 1,25$  – объемная теплоемкость, кал/см<sup>3</sup>°С;

$k_2$  – коэффициент приведения для первого прохода многопроходного шва, ед.

Рассчитаем коэффициенты ( $k_1$ ) и ( $k_2$ ) по формуле (2.16) из [3]:

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - \alpha} = \frac{180^\circ}{180^\circ - 45^\circ} = 1,3. \quad (2.16)$$

Рассчитаем безразмерный критерий процесса по формуле (2.15)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 2715,3}{3,14 \cdot (2,1 \cdot 1,3)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 0,5.$$

При значении безразмерного критерия 0,5 величина  $\bar{\omega} = 0,98$ .

Рассчитаем мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (2.14)

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}} = 0,98 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 20)^2}{1,3 \cdot 2715,3} = 40,2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения для стали 10Г2ФБЮ превышает требуемое (1...15 °С/с), но при этом, предварительный подогрев не применяется, так как сварка многодуговая.

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ				

### 2.3.2 Расчет режимов сварки наружного шва 2-ой дугой

При автоматической сварке труб вторая дуга выполняет процесс на переменном токе. Диаметр проволоки составляет 4 мм. Примем, что площадь наплавленного металла при сварке второй дугой составляет  $0,25 \text{ см}^2 = 25 \text{ мм}^2$ .

Диапазон плотностей сварочного тока при сварке под слоем флюса при диаметре электродной проволоки 4 мм составляет  $40 \dots 70 \text{ А/мм}^2$  [3]. Примем, что сила сварочного тока составляет 800 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность сварочного тока ( $j$ ) по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 800}{3,14 \cdot 4^2} = 63,7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

– напряжение на дуге ( $U_{\text{Д}}$ ) по формуле (2.3):

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 800 \pm 1 \approx 40 \pm 1 \text{ В}.$$

– скорость подачи проволоки ( $V_{\text{ПОД}}$ ) по формуле (2.4):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{V_{\text{СВ}}}{F_{\text{ЭЛ}}} \cdot F_{\text{Н}} = \frac{4,3}{0,13} \cdot 0,25 = 8,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– погонная энергия ( $q_{\text{ПОГ}}$ ) по формуле (2.5):

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 40 \cdot 800 \cdot 0,9}{4,3} = 1607,4 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

### 2.3.3 Расчет режимов сварки наружного шва 3-ей дугой

При автоматической сварке труб третья дуга выполняет процесс на переменном токе. Диаметр проволоки составляет 4 мм. Примем, что площадь наплавленного металла при сварке третьей дугой составляет  $0,25 \text{ см}^2 = 25 \text{ мм}^2$ .

Диапазон плотностей сварочного тока при сварке под слоем флюса при диаметре электродной проволоки 4 мм составляет  $40 \dots 70 \text{ А/мм}^2$  [3]. Примем, что сила сварочного тока составляет 720 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность сварочного тока ( $j$ ) по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 720}{3,14 \cdot 4^2} = 57,3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

– напряжение на дуге ( $U_{\text{Д}}$ ) по формуле (2.3):

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 720 \pm 1 \approx 38 \pm 1 \text{ В}.$$

– скорость подачи проволоки ( $V_{\text{ПОД}}$ ) по формуле (2.4):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{V_{\text{СВ}}}{F_{\text{ЭЛ}}} \cdot F_{\text{Н}} = \frac{4,3}{0,13} \cdot 0,28 = 9,2 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– погонная энергия ( $q_{\text{ПОГ}}$ ) по формуле (2.5):

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 38 \cdot 720 \cdot 0,9}{4,3} = 1374,4 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

### 2.3.4 Расчет режимов сварки наружного шва 4-ой дугой

При автоматической сварке труб четвертая дуга выполняет процесс на переменном токе. Диаметр проволоки составляет 4 мм. Примем, что площадь наплавленного металла при сварке четвертой дугой составляет  $0,33 \text{ см}^2 = 33 \text{ мм}^2$ .

Диапазон плотностей сварочного тока при сварке под слоем флюса при диаметре электродной проволоки 4 мм составляет  $40 \dots 70 \text{ А/мм}^2$  [3]. Примем, что сила сварочного тока составляет 420 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность сварочного тока ( $j$ ) по формуле (2.2):

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 420}{3,14 \cdot 4^2} = 33,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

– напряжение на дуге ( $U_{\text{Д}}$ ) по формуле (2.3):

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 420 \pm 1 \approx 30,5 \pm 1 \text{ В}.$$

– скорость подачи проволоки ( $V_{\text{ПОД}}$ ) по формуле (2.4):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{V_{\text{СВ}}}{F_{\text{ЭЛ}}} \cdot F_{\text{Н}} = \frac{4,3}{0,13} \cdot 0,33 = 11 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– погонная энергия ( $q_{\text{ПОГ}}$ ) по формуле (2.5):

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 30,5 \cdot 420 \cdot 0,9}{4,3} = 643,5 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

– коэффициент формы шва ( $\psi_{\text{ПР}}$ ) по формуле (2.7):

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19-0,01I_{\text{СВ}})d_{\text{Э}}U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}} = \frac{1 \cdot (19-0,01 \cdot 420) \cdot 4 \cdot 30,5}{420} = 4,3 \text{ ед},$$

где  $k' = 1$  – коэффициент при сварке переменным током, ед;

– глубина провара ( $h$ ) по формуле (2.6):

$$h = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}} = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{643,5}{4,3}} = 0,19 \text{ см.}$$

– ширина шва ( $B$ ) по формуле (2.9):

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 4,3 \cdot 0,19 = 0,82 \text{ см.}$$

– высота валика ( $C$ ) по формуле (2.10):

$$C = \frac{F_{\text{Н}}}{0,73B} = \frac{0,33}{0,73 \cdot 0,82} = 0,55 \text{ см.}$$

Значения высоты валика и ширины не могут обеспечить заданные размеры шва, поэтому, требуется скорректировать режимы сварки. Примем, что напряжение дуги  $U_{\text{Д}} = 52 \text{ В}$ . Тогда:

– погонная энергия ( $q_{\text{ПОГ}}$ ) по формуле (2.5):

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24U_{\text{Д}}I_{\text{СВ}}\eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 52 \cdot 420 \cdot 0,9}{4,3} = 1097,1 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

– коэффициент формы шва ( $\psi_{\text{ПР}}$ ) по формуле (2.7):

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19-0,01I_{\text{СВ}})d_{\text{Э}}U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}} = \frac{1 \cdot (19-0,01 \cdot 420) \cdot 4 \cdot 52}{420} = 7,3 \text{ ед};$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ					36

– глубина провара (h) по формуле (2.6):

$$h=0,0156 \sqrt{\frac{q_{II}}{\Psi_{II}}} = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{1097,1}{7,3}} = 0,19 \text{ см.}$$

– ширина шва (B) по формуле (2.9):

$$B=\Psi_{II}h=7,3\cdot 0,19=1,39 \text{ см.}$$

– высота валика (C) по формуле (2.10):

$$C=\frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,33}{0,73\cdot 1,39} = 0,33 \text{ см.}$$

### 2.3.5 Расчет режимов сварки наружного шва 5-ой дугой

При автоматической сварке труб пятая дуга выполняет процесс на переменном токе. Диаметр проволоки составляет 4 мм. Примем, что площадь наплавленного металла при сварке пятой дугой составляет  $0,33 \text{ см}^2 = 33 \text{ мм}^2$ .

Диапазон плотностей сварочного тока при сварке под слоем флюса при диаметре электродной проволоки 4 мм составляет  $40\dots 70 \text{ А/мм}^2$  [3]. Примем, что сила сварочного тока составляет 410 А.

Рассчитаем режимы сварки:

– плотность сварочного тока (j) по формуле (2.2):

$$j=\frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4\cdot 410}{3,14\cdot 4^2} = 32,6 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

– напряжение на дуге ( $U_D$ ) по формуле (2.3):

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ				

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 410 \pm 1 \approx 30,3 \pm 1 \text{ В.}$$

– скорость подачи проволоки ( $V_{\text{ПОД}}$ ) по формуле (2.4):

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{V_{\text{СВ}}}{F_{\text{ЭЛ}}} \cdot F_{\text{Н}} = \frac{4,3}{0,13} \cdot 0,33 = 11 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

– погонная энергия ( $q_{\text{ПОГ}}$ ) по формуле (2.5):

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_D I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 30,3 \cdot 410 \cdot 0,9}{4,3} = 624 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

– коэффициент формы шва ( $\psi_{\text{ПР}}$ ) по формуле (2.7):

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_D}{I_{\text{СВ}}} = \frac{1 \cdot (19 - 0,01 \cdot 410) \cdot 4 \cdot 30,1}{410} = 4,4 \text{ ед.}$$

где  $k' = 1$  – коэффициент при сварке переменным током, ед;

– глубина провара ( $h$ ) по формуле (2.6):

$$h = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}} = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{624}{4,4}} = 0,19 \text{ см.}$$

– ширина шва ( $B$ ) по формуле (2.9):

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 4,4 \cdot 0,19 = 0,84 \text{ см.}$$

– высота валика ( $C$ ) по формуле (2.10):

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



$$C = \frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,33}{0,73 \cdot 0,84} = 0,54 \text{ см.}$$

Значения высоты валика и ширины не могут обеспечить заданные размеры шва, поэтому, требуется скорректировать режимы сварки. Примем, что напряжение дуги  $U_D = 55 \text{ В}$ . Тогда:

– погонная энергия ( $q_{\text{пог}}$ ) по формуле (2.5):

$$q_{\text{пог}} = \frac{0,24U_D I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 55 \cdot 410 \cdot 0,9}{4,3} = 1132,7 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

– коэффициент формы шва ( $\psi_{\text{ПР}}$ ) по формуле (2.7):

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01I_{\text{СВ}})d_{\text{э}}U_D}{I_{\text{СВ}}} = \frac{1 \cdot (19 - 0,01 \cdot 410) \cdot 4 \cdot 55}{410} = 8 \text{ ед.}$$

– глубина провара ( $h$ ) по формуле (2.6):

$$h = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}} = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{1132,7}{8}} = 0,19 \text{ см.}$$

– ширина шва ( $B$ ) по формуле (2.9):

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 8 \cdot 0,19 = 1,52 \text{ см.}$$

– высота валика ( $C$ ) по формуле (2.10):

$$C = \frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,33}{0,73 \cdot 1,52} = 0,3 \text{ см.}$$

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ					

Рассчитаем мгновенную скорость охлаждения при сварке пятой дугой по формуле (2.17) из [3]:

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}, \quad (2.17)$$

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

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

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

$T_0 = 20$  – температура щита перед сваркой,  $^\circ\text{C}$ .

Безразмерный критерий процесса  $\bar{\omega}$  зависит от другого безразмерного критерия, который рассчитывается по формуле (2.18) из [3]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi\delta^2 c\gamma(T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 1132,7}{3,14 \cdot 2,1^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 20)} = 0,3. \quad (2.18)$$

При значении безразмерного критерия 0,3 величина  $\bar{\omega} = 1$ .

Тогда, по формуле (2.17) получим, что

$$\omega = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 20)^2}{1132,7} = 127,7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения для стали 10Г2ФБЮ превышает требуемое (1...15  $^\circ\text{C}/\text{с}$ ), но при этом, предварительный подогрев не применяется, так как сварка многодуговая.

Рассчитанные режимы сварки представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Рассчитанные параметры режимов сварки

Номер дуги	$d_{\text{Э}}$ , мм	$I_{\text{СВ}}$ , А	$U_{\text{Д}}$ , В	$V_{\text{СВ}}$ , см/с	$V_{\text{ПОД}}$ , см/с	$q_{\text{ПОГ}}$ , кал/см
1	5	1170	46,2	4,3	6,6	2715,3
2	4	800	40	4,3	8,4	1607,4

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			40

Продолжение таблицы.

3	4	720	38	4,3	8,4	1374,4
4	4	420	52	4,3	11	1097,1
5	4	410	55	4,3	11	1132,7

Схема сварки шва показана на рисунке 2.4.

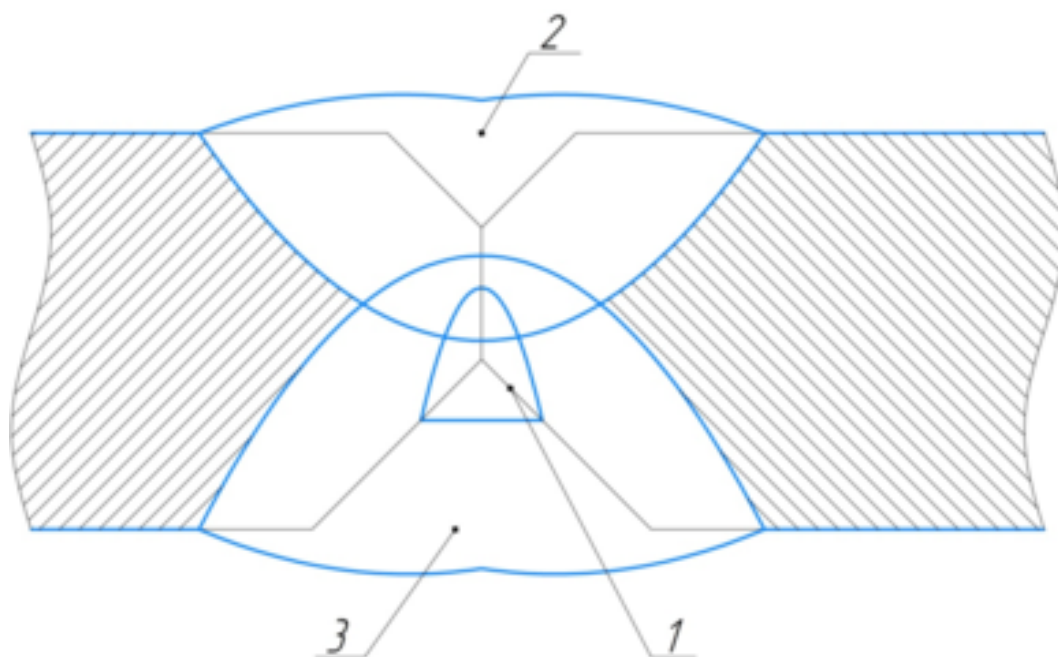


Рисунок 2.4 – Схема сварки шва:

1 – Технологический шов; 2 – Внутренний шов; 3 – Наружный шов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.180.00 ПЗ

Лист

41

## 2.4 Описание конструкции сварочной установки

Пятидуговая сварочная головка показана на рисунке 2.6. Она полностью монтируется на внешней опорной раме наружного стана и используется при сварке наружного шва.

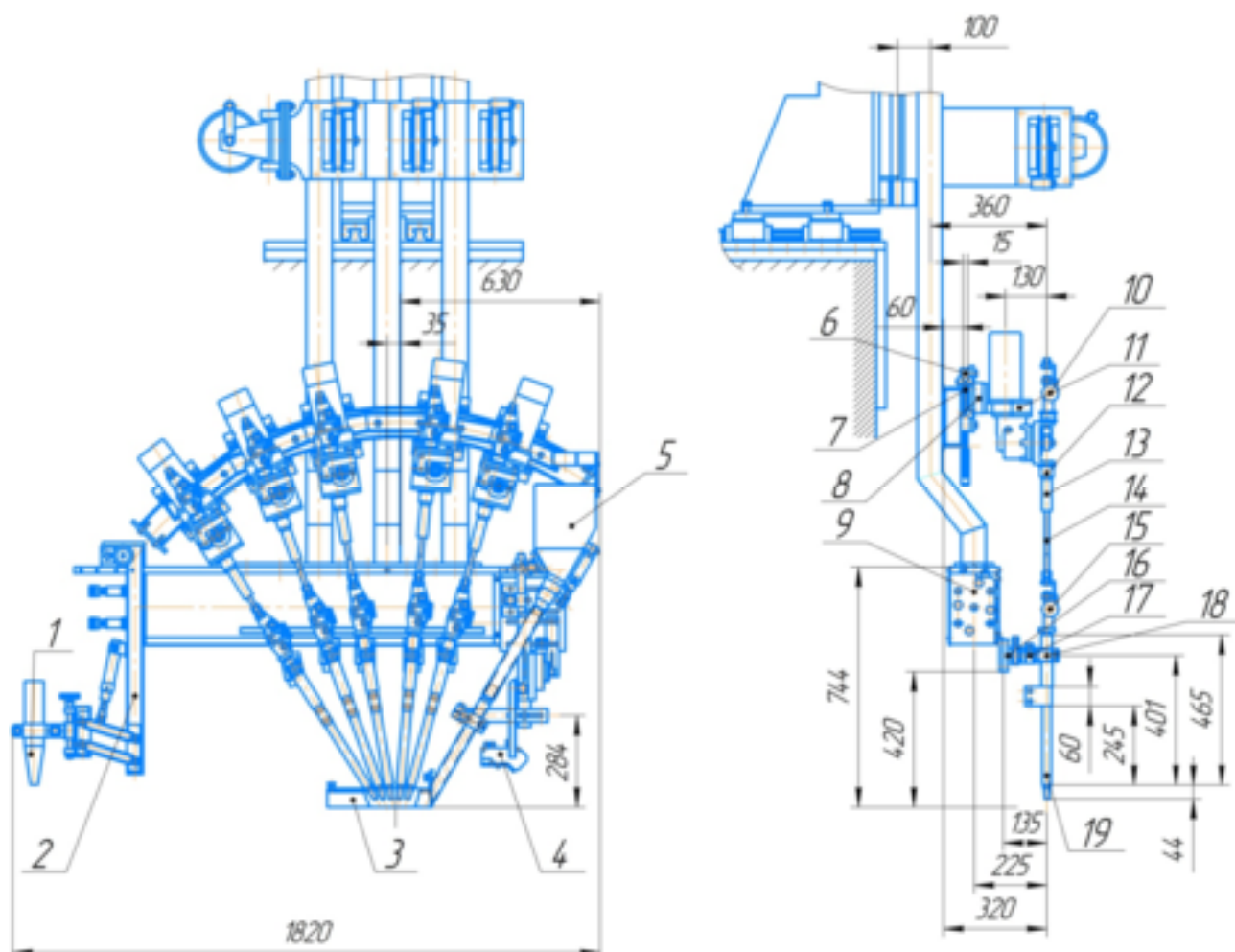


Рисунок 2.6 – Головка сварочная пятидуговая:

- 1 – Устройство слежения; 2 – Штанга; 3 – Короб; 4 – Сопло флюсоотсоса;  
5 – Бункер для флюса; 6 – Шестерня; 7 – Прокладка; 8 – Переходник;  
9 – Пульт; 10 – Ролик фиксирующий; 11 – Редуктор; 12 – Канал проволочный;  
13 – Мундштук; 14 – Канал; 15 – Ролик натяжения; 16 – Редуктор;  
17 – Муфта; 18 – Держатель; 19 – Сопло

Устройство подачи флюса на пятидуговой сварочной головке показано на рисунке 2.7.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.180.00 ПЗ

Лист

42

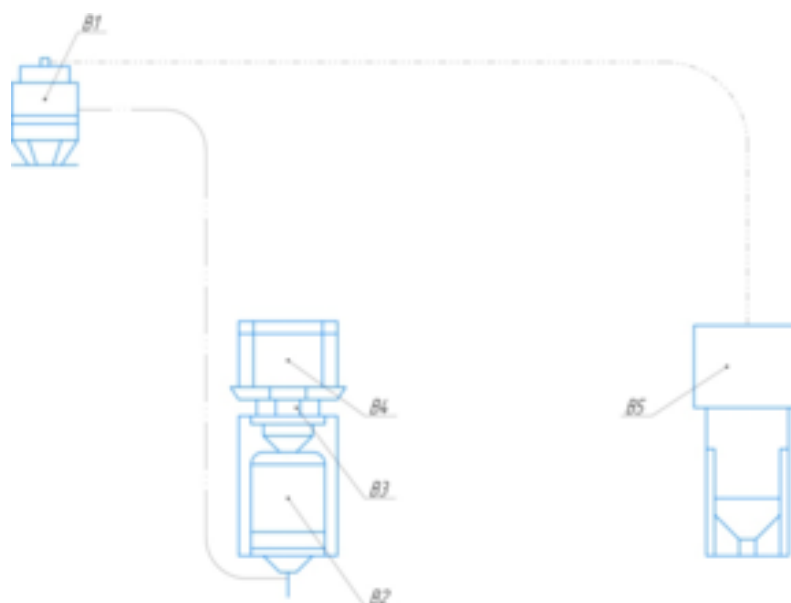


Рисунок 2.7 – Устройство подачи флюса:

В1 – Магнитный предохранительный сепаратор АВW 120 РН; В2 – Емкость высокого давления DV 300 МН; В3 – Платформа PF 250 для установки новой емкости с флюсом; В4 – Новая емкость с флюсом NPH 250 К; В5 – Всасывающее устройство ОЕ 15/24 А.

Существенным функциональным блоком внешней системы является сепаратор. Он служит для обеспечения сварочной головки флюсом и обеспечивает рециркуляцию флюса в систему. Так как флюс в результате использования должен пополняться в сепараторе, это происходит через напорную цистерну.

Если она опорожнена до минимального уровня наполнения, ее нужно наполнить как можно скорее из новой емкости с флюсом, которая стоит на платформе.

В сепаратор интегрирован съемный сетчатый фильтр для удержания больших частиц, а также вставной блок магнитов для удерживания ферромагнитных частиц.

Сепаратор показан на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Сепаратор

Внешний сепаратор выполняет следующие функции:

1. Отделение флюса из воздушного потока отсасывания и подводка к сварочной головке;
2. Непрерывное пополнение новым флюсом;
3. Удерживание больших частиц съёмным сетчатым фильтром;
4. Удерживание ферромагнитных частиц при помощи вставного блока магнитов безопасности;
5. Сепарирование определенной части засосанной пыли;
6. Обогрев для теплой выдержки флюса с целью избежания поглощения влаги.

Выводы по разделу 2:

В разделе 2 рассматривается базовый вариант технологии изготовления сварных двухшовных труб магистрального трубопровода. Рассмотрен порядок изготовления, применяемое оборудование. Для базового варианта технологии

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ					

выявлены недостатки, которые предложено устранить усовершенствованием сварочной головки с 4-дуговой на 5-дуговую.

Для предложенного варианта рассчитаны режимы сварки, а также дано описание предлагаемого оборудования.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

### 3.1 Способы и средства контроля качества

Контроль сварных труб при изготовлении включает в себя следующие операции:

- визуальный и измерительный контроль (ВИК) листов перед задачей в производство;
- визуальный контроль поверхности листов после правки;
- визуальный контроль поверхности листов после очистки;
- ВИК листов после строжки фасок;
- технологический автоматизированный ультразвуковой контроль (ТАУЗК) швов после сварки;
- технологический рентгентелевизионный контроль (ТРТК) швов при обнаружении дефектов швов по результатам контроля ТАУЗК;
- ВИК поверхности труб и швов на ремонтной площадке;
- ВИК поверхности труб и измерение геометрии на инспекционной площадке;
- сдаточный автоматизированный ультразвуковой контроль (САУЗК) швов и основного металла после экспандирования;
- сдаточный рентгентелевизионный контроль (СРТК) при обнаружении дефектов по результатам контроля САУЗК;
- ручной ультразвуковой контроль (РУЗК) участка, проверенного СРТК;
- рентгентелевизионный контроль концевых (РТКК) участков труб на длине не менее 200 мм;
- магнитно-люминисцентный контроль (МЛК) торцов труб после нарезания фасок;
- РУЗК концевых участков труб на длине не менее 150 мм;
- ВИК и травление фасок и маркировки на окончательной площадке.

ВИК проводится с применением штангенциркулей, цифровых и механических измерителей высоты сварных швов, линеек металлических, рулеток 5 м и 20 м,

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46



лески, набора щупов №4, шаблонов для контроля отклонение от теоретической окружности сварного шва и основного металла и смещения кромок. Травление проводится кислотой.

ТАУЗК и САУЗК проводятся на специальных автоматизированных установках.

ТРТК, РТКК, СРТК проводится в рентгенкамерах в автоматическом режиме.

МЛК проводится на магнископе.

### 3.2 Допустимые и недопустимые дефекты

При измерении геометрических параметров труб недопустимыми являются отклонения, превышающие следующие значения:

– по наружному диаметру концов труб на длине не менее 200 мм (определяется визуально) от каждого конца трубы –  $\pm 1,6$  мм;

– по наружному диаметру по телу трубы –  $\pm 3$  мм;

– отклонение от теоретической окружности в зоне сварного шва на дуге окружности длиной не менее 200 мм не должно превышать 0,15% номинального диаметра трубы (для диаметра 1220 мм отклонение составляет 1,83 мм);

– величина овальности не должна превышать 0,8% от номинального диаметра трубы (для диаметра 1220 мм овальность составляет 9,8 мм);

– предельные отклонения по толщине стенки для труб: нижнее предельное отклонение не должно превышать 5% от номинальной толщины стенки, верхнее предельное отклонение – согласно требованиям [1] для максимальной ширины листовой стали нормальной точности прокатки;

– кривизна труб не должна превышать 1,5 мм на 1 м длины;

– общая кривизна труб не должна превышать 0,2% от длины трубы;

– косина реза не более 1,6 мм.

На поверхности трубы контролируется отсутствие рванин, сквозных разрывов, раскатанных корочек, раскатанного пригара, вздутий, трещин, плен, загрязнений и вкатанной окалины.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Сварные швы должны иметь плавный переход от основного металла к металлу шва без острых углов, несплавлений и других дефектов формирования. Высота усиления наружного сварного шва должна быть в пределах 0,5...3 мм.

Высота усиления внутреннего шва должна быть в пределах 0,5...3 мм.

Усиление внутреннего шва на длине не менее 150 мм от концов трубы (определяется визуально) должно быть снято до значения не более 0,5 мм.

Смещение свариваемых кромок в сварном соединении не должно превышать 2 мм.

Смещение осей наружного и внутреннего швов на торцах трубы не должно превышать 4 мм с перекрытием швов не менее 2 мм.

В местах ремонта допускается увеличение ширины сварных швов до 3 мм.

В сварных швах не допускаются следующие виды дефектов:

- подрезы глубиной более 0,4 мм;
- скопления пор, выходящие на поверхность;
- одиночные поры, выходящие на поверхность;
- непровары;
- трещины;
- свищи;
- перехваты;
- наплывы;
- внутренние поры диаметром более 1,6 мм;
- проседания и дефекты формирования шва.

### 3.3 Применяемое оборудование для контроля

При проведении ВИК применяются следующие инструменты:

- для контроля линейных размеров: рулетка измерительная длиной 20 м, рулетка измерительная длиной 5 м, линейка металлическая 20 см;
- для контроля угловых размеров: угломер механический;
- для контроля ширины стыковых швов: штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1;

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ					

– для контроля зазоров при проверке отклонения от теоретической окружности и смещения кромок: набор щупов №4;

– для контроля высоты швов: шаблон Ушера-Маршака механический, а также его цифровой аналог;

– для контроля величины притупления фасок: штангенциркуль ЩЦ-1-125-0,1;

– для контроля толщины стенки: ультразвуковой толщиномер.

Для выявления возможных дефектов внутри сварного шва при РУЗК применяется ультразвуковой дефектоскоп марки УД2-70, показанный на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 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 УД2-70 приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики ультразвукового дефектоскопа УД2-70

Характеристика	Значение
Диапазон толщин контролируемого материала, мм	2...5000
Рабочие частоты, МГц	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0
Частота зондирующих импульсов, Гц	30; 60; 120; 250; 500; 1000

Полярность зондирующего импульса	отрицательная
----------------------------------	---------------

Продолжение таблицы.

Амплитуда зондирующего импульса на нагрузке 50 Ом, не менее, В	180
Длительность зондирующего импульса, не более, нс	80
Диапазон регулировки усиления, дБ	0...100
Шаг регулировки усиления, дБ	0,5 или 1,0
Дискретность изменения усиления скачком "+дБ", дБ	3...30
Диапазон задержки развертки, мм	2 ... 5000
Диапазон измерения глубины залегания дефектов (сталь), мм	2...5000
Дискретность измерения глубины, мм	0,1
Погрешность измерения глубины, мм	$\pm (0,5 + 0,02$ Н)
Диапазон установки угла ввода ПЭП, град	0...90
Дискретность установки, град	1
Количество стробов АСД, шт	2
Диапазон установки скорости УЗК, м/с	1000...15000
Глубина регулировки ВРЧ, дБ	80
Отсечка линейная	0...100% высоты экрана
Размер рабочей части экрана, не менее, пикселей	320×240
Диапазон рабочих температур, °С	-10...+50
Электрическое питание, В: – аккумуляторное	12
– сеть переменного тока, В при 50 Гц	220
Время непрерывной работы, не менее, ч	8
Габариты, не более, мм	245×145×77
Масса с аккумулятором, не более, кг	3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.180.00 ПЗ

Лист

50

При РК контроле применяется рентгеновский аппарат марки Eresco 65 MF4, показанный на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Рентгеновский аппарат марки Eresco 65 MF4

Характеристики рентгеновского аппарата Eresco 65 MF4 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики рентгеновского аппарата Eresco 65 MF4

Характеристика	Значение
Направление излучения	направленное
Просвет по стали за 10 мин, мм	65
Диапазон высокого напряжения, кВ	5...300
Диапазон тока, мА	0,5...6
Ток при максимальном напряжении (300 кВ), мА	3
Постоянный режим работы, Вт	900
Номинальное значение фокусного пятна, мм	3
Материал анода	Вольфрам
Угол наклона мишени, град	20
Угол выхода пучка, град	40×60
Фильтр рентгеновского излучения, мм	0,8 ± 0,1
Стабильность тока и напряжения, %	± 1
Вес блока излучения, кг	40

### 3.4 Методика контроля

После сварки все трубы поступают на технологический автоматизированный ультразвуковой контроль (ТАУЗК) качества сварных соединений. Дефектоскопист ТАУЗК заносит номера всех проконтролированных труб в «Журнал ультразвукового контроля труб» с обязательной отметкой результатов контроля. В случае обнаружения дефекта данный участок сварного соединения отмечается мелом, рядом пишется номер клейма дефектоскописта ТАУЗК и труба направляется на установку технологического автоматизированного рентгенотелевизионного контроля (ТАРТК) для оценки характера и допустимости обнаруженного дефекта.

При обнаружении недопустимого дефекта труба назначается на ремонт. На трубах, годных по результатам ТАРТК, дефектоскопист мелом ставит номер личного клейма. Номера всех проконтролированных труб, клейма дефектоскопистов и сведения о недопустимых дефектах заносятся в «Журнал регистрации результатов РТК».

Все трубы после технологического контроля сварных швов с клеймами дефектоскопистов ТАУЗК и ТАРТК поступают на площадки ремонта труб для контроля качества визуальным осмотром и исправления дефектов основного металла и сварных швов. При этом трубу устанавливают швом в верхнее положение.

Контролер службы контроля качества на ремонтной площадке производит осмотр внутренней и наружной поверхности труб, разметку обрезки концевых участков труб, разметку дефектных участков с указанием вида ремонта.

В случае обнаружения дефекта по основному металлу или сварному соединению контролер службы контроля качества отмечает место дефекта мелом на трубе. После чего производится исправление дефектов на сварочных станах или ремонтных площадках.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

После выполненного ремонта труба вновь осматривается контролером службы контроля качества, после чего принимается.

При отсутствии дефектов, на концевые участки наружной поверхности трубы контролером службы контроля качества наносится белой краской номер трубы, после чего труба направляется для дальнейшей обработки по технологическому потоку.

Далее производится плазменная обрезка концов труб на установках плазменной резки.

Обрезка производится по разметке, нанесенной контролером службы контроля качества на ремонтной площадке.

Далее производится снятие усиления внутреннего шва, которое выполняет фрезеровщик на фрезерных станках типа МС-615.

Перед фрезерованием, каждую трубу и фрезу устанавливают так, чтобы усиление шва снималось равномерно, без уменьшения толщины стенки.

Усиление внутреннего шва снимают на длине не менее 150 мм с обоих концов трубы. Усиление внутреннего шва должно быть плавно снято до величины не более 0,5 мм.

При снятии усиления концов внутреннего шва заподлицо допускается наличие следов фрезы рядом со сварным швом, при этом толщина стенки трубы не должна выходить за пределы допустимых значений.

На снятом усилении шва не допускается наличие заусенцев, уменьшения толщины стенки и других дефектов. В случае необходимости шов зачищают шлифовальной машиной.

Экспандирование газонефтепроводных труб на гидравлических прессах-расширителях с неснятым усилением внутреннего сварного шва не допускается.

Далее труба по транспортному рольгангу переходит на участок калибровки и испытания.

Испытания труб происходит на гидравлической прессе. При достижении величины давления, вызывающего появление в стенках трубы напряжений, равных пределу текучести металла, происходит пластическая деформация,

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

сопровождающаяся расширением трубы по диаметру. Время выдержки трубы под давлением составляет 20 с. Величина давления зависит от марки стали, геометрических размеров труб (диаметра и толщины стенки) и заданной степени деформации. Во время выдержки испытательным давлением трубу обстукивают по длине испытательными молотками. Трубы считаются выдержавшими испытание, если при этом не будет обнаружено течи, запотевания или остаточных деформаций, выводящих размеры труб за пределы допусков. Давление гидроиспытания газопроводных труб составляет 9,8 МПа.

Трубы, не выдержавшие гидравлического испытания вследствие наличия дефектов в сварных швах, подвергают ремонту и повторному испытанию.

Все трубы после гидравлического испытания проходят 100%-й автоматический ультразвуковой контроль сварных швов. При обнаружении недопустимых дефектов трубы возвращают на ремонтные площадки для исправления дефектов. Оценка допустимости дефектов, выявленных автоматическими ультразвуковыми установками, производится ручным ультразвуковым дефектоскопом.

При отсутствии в сварных швах недопустимых дефектов трубы направляют на станки механической резки, на которых происходит изготовление фаски и кольца притупления на торце труб.

Фаска и притупление торца трубы после обработки должны быть гладкими: без рисков, заусенцев и забоин. Заусенцы, получающиеся при механической обработке торцов труб, по внутренней поверхности зачищают напильником работники цеха.

Трубы, прошедшие все технологические операции, передаточным рольгангом передают на площадку окончательной сдачи. Основанием того, что труба прошла все технологические операции, является отметка с номером трубы в журнале, находящимся на каждом этапе технологического потока, отсутствие каких-либо меловых отметок. На площадке окончательной сдачи труб работники осуществляют следующие операции:

- измеряют фактическую длину труб рулеткой, при этом величину фаски

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54



обеих сторон трубы включают в длину трубы;

- измеряют косину реза угольником поверочным типа УШ-1600;

- проверяют трубы на установке «Магнископ Т1200» люминесцентным магнитопорошковым контролем на наличие расслоений, выходящих на торцевую поверхность трубы;

- внешним осмотром контролируют качество изготовления и соответствие требованиям технических условий и стандартов, поступивших труб;

- проверяют качество и правильность клеймовки труб, выполненной за прессом окончательной формовки и контролерами службы контроля качества на инспекционных площадках;

- наносят маркировку труб;

- в обязательном порядке удаляют все меловые отметки, нанесенные на предыдущих технологических операциях.

Выводы по разделу 3:

В разделе 3 рассматриваются методы контроля качества труб при изготовлении. Рассмотрены основные методы контроля. Описаны критерии оценки годности труб. Описано применяемое для контроля оборудование, а также рассмотрена методика проведения контроля.

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

При производстве сварочных работ на исполнителей оказывают воздействие разные опасные и вредные производственные факторы.

К вредным производственным факторам относятся следующие:

- повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны;

- видимое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение сварочной дуги при сварке, а также инфракрасное излучение самой ванны и изделий, подвергшихся сварке;

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

- электромагнитное поле;
- ионизирующее излучение;
- повышенный уровень шума.

При сварке в зоне дыхания производителей работ присутствуют различные сварочные аэрозоли, которые содержат в своем составе окислы металлов и иные химические соединения. При воздействии на организм различных вредных веществ возможно получение острых и хронических профессиональных заболеваний и отравлений.

При отсутствии защиты от излучения сварочной дуги появляется высокая вероятность поражения органов зрения, а также ожоги кожных покровов. Инфракрасное излучение от изделий, подвергшихся предварительному подогреву, оказывает на здоровье негативное воздействие.

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

К опасным производственным факторам относятся:

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

## 4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

### 4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда

В целях профилактики неблагоприятного воздействия опасных и вредных производственных факторов должны применяться следующие мероприятия:

- использование средств индивидуальной защиты, которые уменьшают тепловое воздействие на организм рабочего;
- регламентация времени работы (перерывы в работе, сокращение рабочего

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

дня и т. д.).

Рабочие места исполнителей работ должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (тенты) из негорючего материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты от воздействия внешней среды.

Расстояние между элементами оборудования на монтажной площадке должно быть не менее 2 м друг от друга.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего места должна быть не менее 1 м.

Рабочие места, расположенные выше 1,3 м от уровня земли или сплошного перекрытия, должны быть оборудованы ограждениями высотой не менее 1,1 м, состоящими из поручня, одного промежуточного элемента и бортовой доски шириной не менее 0,15 м.

Для защиты от выделения сварочных аэрозолей, пыли и газов применяется местная вентиляция.

Снижение шума при работе осуществляется следующими методами:

- организационными;
- звукоизоляции;
- звукопоглощения;
- виброизоляции;
- дистанционного управления из звукоизолирующих кабин.

#### *4.2.2 Обеспечение электрической безопасности*

Для обеспечения электробезопасности должны соблюдаться следующие требования:

- при электросварочных работах должны применяться оборудование, аппараты и приспособления, удовлетворяющие требованиям действующих стандартов и нормативов на соответствующее сварочное оборудование;
- напряжение холостого хода источников сварочного тока не должно

									Лист
									57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ				

превышать максимальных значений, указанных в стандартах на соответствующее оборудование;

– для дуговой сварки необходимо применять изолированные гибкие кабели, рассчитанные на надежную работу при максимальных электрических нагрузках с учетом продолжительности цикла сварки;

– соединение сварочных кабелей следует производить опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения;

– подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться при помощи опрессованных или припаянных кабельных наконечников;

– при прокладке или перемещении сварочных проводов необходимо принимать меры против повреждения их изоляции и соприкосновения с водой, маслом, стальными канатами и горячими трубопроводами;

– в электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты оградительными устройствами;

– электросварочная установка (преобразователь, сварочный трансформатор и т.п.) должна присоединяться к источнику питания через рубильник и предохранители или автоматический выключатель, а при напряжении холостого хода более 70 В должно применяться автоматическое отключение сварочного трансформатора;

– металлические части электросварочного оборудования, не находящиеся под напряжением, а также свариваемые изделия и конструкции на все время сварки должны быть заземлены, а у сварочного трансформатора, кроме того, заземляющий болт корпуса должен быть соединен с зажимом вторичной обмотки, к которому подключается обратный провод;

– в качестве обратного провода или его элементов могут быть использованы стальные шины и конструкции, если их сечение обеспечивает безопасное по условиям нагрева протекание сварочного тока. Соединение между собой отдельных элементов, применяемых в качестве обратного провода, должно быть надежным и выполняться на болтах, зажимах или сваркой;

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

– запрещается использовать провода сети заземления, трубы санитарно - технических сетей (водопровод, газопровод и др.), металлические конструкции зданий, технологическое оборудование в качестве обратного провода электросварки;

– корпус любой электросварочной установки необходимо заземлять. Машины, в которых осуществление защитного заземления представляет трудности, должны быть оснащены устройствами защитного отключения, обеспечивающего отключение всех фаз сети при появлении в сварочной цепи напряжения сети. Для присоединения заземляющего провода на электросварочном оборудовании должен быть предусмотрен болт, расположенный в доступном месте, с надписью «Земля». Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких аппаратов запрещается;

– на установках или автоматических линиях с большим фронтом обслуживания кнопки аварийного отключения должны располагаться друг от друга на расстоянии не более 10 м. Используемые в таких случаях кнопки управления должны иметь защелки, обеспечивающие только принудительное возвращение контактов в первоначальное состояние. Пульты управления оснащаются блокировками, исключающими возможность параллельного управления от различных пультов, сигнализацией, а также аварийными кнопками для включения установки (линии);

– запрещается оставлять на рабочем месте электросварочный инструмент, находящийся под напряжением;

– запрещается производить ремонт электросварочных установок под напряжением;

– в связи с вероятностью воздействия электрического тока весь персонал, обслуживающий электросварочные установки, должен проходить обучение и аттестацию на соответствующую квалификационную группу по электробезопасности.

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.180.00 ПЗ					

#### 4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности

В соответствии с НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» сварочный участок относится к категории «Г» производства, где в обращении находятся негорючие вещества и материалы, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла и искрения пламени.

Для ликвидации возможных очагов пожара в цеховых условиях присутствуют пожарные щиты.

В комплект пожарного щита входят:

- огнетушители воздушно-пенные вместимостью 10 л – 2 шт;
- порошковые вместимостью 10 л – 1 шт, 5 л – 2 шт;
- лом – 1 шт;
- ведро – 1 шт;
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала) – 1 шт;
- лопата штыковая – 1 шт;
- тележка для перевозки оборудования – 1 шт;
- емкость для хранения воды объемом 0,02 м<sup>3</sup> – 1 шт;
- насос ручной – 1 шт;
- рукав ДУ 18-20 длиной 5 м – 1 шт.

#### 4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами

При работе с подъемными устройствами следует соблюдать следующие рекомендации:

- строповочные работы допускается производить обученному персоналу;
- строповку труб производить мягкими чалками грузоподъемностью не менее 5 т каждая;
- при транспортировании по цеховой площадке труб запрещается находиться в

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

зоне транспортировки на расстоянии ближе 10 м.

#### 4.4 Планировка расположения оборудования участка

Вид цеха изготовления и ремонта штампов и прочей кузнечно-прессовой оснастки показан на рисунке 4.1.

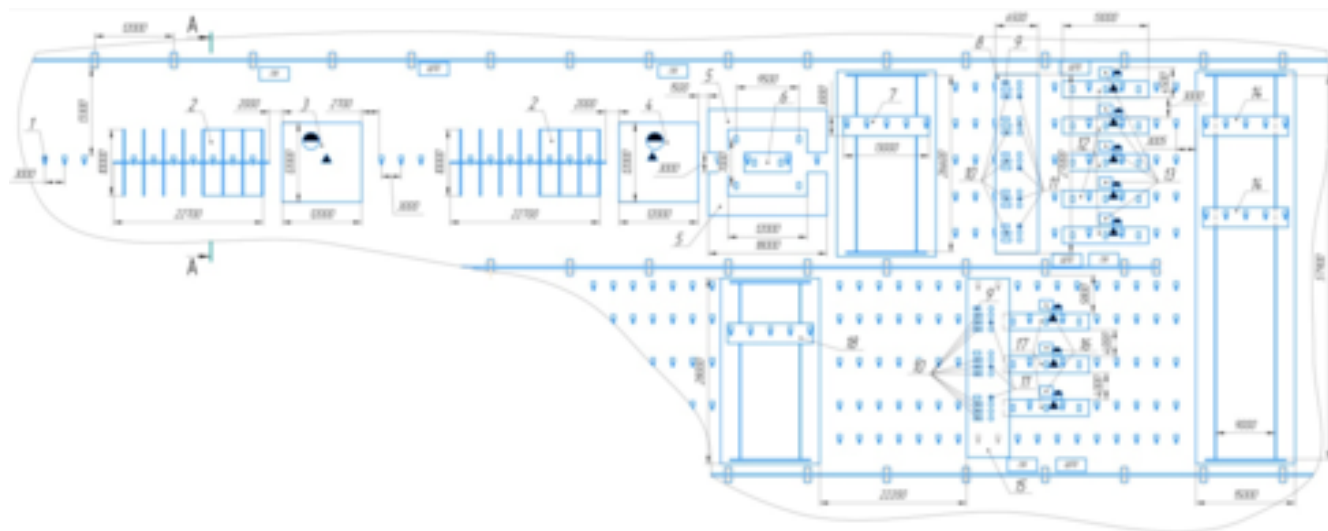


Рисунок 4.1 – Вид участка сборки и сварки труб:

1 – Рольганг; 2 – Клеть сборочная; 3 – Первый технологический стан;  
4 – Второй технологический стан; 5 – Площадка приварки планок и осмотра технологических швов; 6 – Тележка; 7 – Тележка передаточная; 8 – Площадка установки оборудования и проволоки; 9 – Источник питания Power Wave 1000 AC/DC; 10 – Источник питания IdealArc AC-1200; 11 – Бухта с проволокой S2Mo; 12 – Тележка для сварки внутренних швов; 13 – Пульт управления внутренним станом; 14 – Тележка передаточная; 15 – Площадка установки оборудования и проволоки; 16 – Пульт управления наружным станом; 17 – Тележка для сварки наружных швов; 18 – Тележка передаточная

В подразделе 4.4 рассматривается только участок сборки и сварки. Остальные площадки не рассматриваются.

Трубы после формовки по рольгангу (поз. 1, рисунок 4.1) транспортируют в сборочную клеть (поз. 2, рисунок 4.1). После сборки выполняется сварка первого технологического шва на первом технологическом стане (поз. 3, рисунок 4.1).

Далее труба транспортируется в сборочную клеть второго технологического

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						15.03.01.2019.180.00 ПЗ	61

стана (поз. 4, рисунок 4.1). Здесь выполняется сварка второго технологического шва.

После сварки технологических швов труба транспортируется по рольгангу на площадку приварки планок и осмотра технологических швов (поз. 5, рисунок 4.1). На площадку труба укладывается тележкой (поз.6, рисунок 4.1).

Далее труба транспортируется по передаточной тележке (поз. 7, рисунок 4.1) на один из пяти станков для сварки внутренних швов. Оборудование и бухты с проволокой (поз. 11, рисунок 4.1) располагаются на площадке установки оборудования и проволоки (поз. 8, рисунок 4.1). На этой площадке установлен над каждым станком источник питания Power Wave 1000 AC/DC (поз. 9, рисунок 4.1) и два источника питания IdealArc AC-1200 (поз. 10, рисунок 4.1). Труба устанавливается на тележке для сварки внутренних швов (поз. 12, рисунок 4.1). Оператор управляет процессом с пульта управления внутренним станком (поз. 13, рисунок 4.1).

После сварки первого внутреннего шва, труба транспортируется на передаточную тележку (поз. 14, рисунок 4.1) и отправляется на очистку внутренней поверхности от шлака и остатков флюса. После очистки труба снова транспортируется на передаточную тележку и подается на любой из свободных внутренних станков.

После сварки второго технологического шва труба транспортируется на передаточную тележку и отправляется на наружные станы. На этих станках оборудование и бухты с проволокой располагаются на площадке установки оборудования и проволоки (поз. 15, рисунок 4.1). На этой площадке установлен над каждым станком источник питания Power Wave 1000 AC/DC и четыре источника питания IdealArc AC-1200. Труба устанавливается на тележке для сварки наружных швов (поз. 17, рисунок 4.1). Оператор управляет процессом с пульта управления наружным станком (поз. 16, рисунок 4.1).

После сварки наружных швов труба по рольгангу отправляется на промывку внутренней поверхности и контроль качества.

Выводы по разделу 4:

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62



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.

Описана планировка участка сборки и сварки труб.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрен технологический процесс изготовления двухшовных труб 1220×21, предназначенных для магистрального газопровода в условиях цеха №6 ПАО «ЧТПЗ». Рассмотрена конструкция трубы, основной материал и определена теоретическая температура предварительного подогрева. Рассмотрен существующий вариант технологии сварки и выявлено, что в существующих условиях процесс недостаточно производителен.

В текущей работе предложено усовершенствовать существующую технологию сварки. Для усовершенствования технологии было предложено заменить четырехдуговую сварочную головку для наружных швов на пятидуговую.

Это решение позволило повысить производительность и качество труб.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 19903-74 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент».
2. ТУ 14-3-1573-96 «Прокат листовой повышенной прочности. Технические условия».
3. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
4. ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия».
5. ТУ 1227-058-27286438 «Проволока стальная сплошного сечения. Технические условия».
6. ТУ 5929-002-00186654 «Флюс плавный. Технические условия».
7. 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.
8. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
9. 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.
10. <http://defektoskopist.ru>.

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

ПРИЛОЖЕНИЕ

					15.03.01.2019.180.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66