

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт. Заочный

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
доцент, к.т.н

_____ М.А. Иванов
« ____ » _____ 2020 г.

Усовершенствование технологии сборки и сварки переходного
тройника 1020 на 720 в условиях предприятия
ООО Челябинский завод комплектации трубопроводов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЮУрГУ-15.03.01.2020.216
ПЗ ВКР

Руководитель работы
ст. преподаватель

_____ А.М. Уланов
« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы студент
группы ПЗ-540:

_____ А.А. Горских
« __16__ » _____ июня _____ 2020 г.

Нормоконтролёр ст.
преподаватель

_____ Ю.В. Безганс
« ____ » _____ 2020 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	8
1.1 Анализ конструкции тройника	8
1.2 Материал изделия и его свариваемость	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	16
2.1 Базовый вариант технологического процесса.....	16
2.2 Выбор способа сварки.....	28
2.3 Проектируемый вариант технологического процесса.....	29
2.4 Выбор сварочных материалов	30
2.5 Расчет режимов сварки	32
2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования	46
2.6.1 Описание конструкции сборочной установки	46
2.6.2 Описание конструкции сварочной установки.....	49
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	54
3.1 Способы и средства контроля качества.....	54
3.2 Допустимые и недопустимые дефекты	56
3.3 Оборудование для контроля качества	57
3.4 Методика контроля.....	60
3.4.1 Визуальный и измерительный контроль	60
3.4.2 Ультразвуковой контроль	60
3.4.3 Радиографический контроль	62
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	63
4.1 Электробезопасность.....	64
4.2 Техника безопасности при сварочных работах	67
4.3 Вентиляция	68
4.4 Пожарная безопасность	69
4.5 Планировка оборудования и рабочих мест участка	71

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ	76

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

ВВЕДЕНИЕ

Нефтяная и газовая промышленность на территории Российской Федерации являются одними из основных источников налоговых поступлений.

Газовый сектор, как и нефтяной, в основном зависит от применяемого при добыче и транспортировке оборудования и систем. Оборудованием являются различные нефте- и газоперекачивающие системы, например, запорная арматура, трубопроводы, по которым транспортируется среда и их составляющие. Основными поставщиками сырья являются ПАО «Газпром», ПАО «Транснефть», ПАО «Роснефть» и некоторые другие.

В условиях импортозамещения, а также при расширении объемов поставок нефти и газа главную роль играет как производительность при строительстве трубопровода, так и производительность в условиях изготовления деталей на заводах. Также немаловажную роль играет качество сварных соединений.

При изготовлении конструкций трубопроводов, таких как трубы, тройники, отводы, переходы применяются, в основном способы сварки с непосредственным участием человека, то есть ручная дуговая сварка штучными электродами и механизированная дуговая сварка в среде защитных газов и под слоем флюса.

При изготовлении тройников магистральных нефтепроводов с классом прочности K56 магистраль и катушка изготавливаются из сварной или бесшовной трубы. При этом сварка ответвления производится ручной дуговой сваркой либо механизированной в среде защитных газов.

В выпускной квалификационной работе предлагается провести усовершенствование технологии сборки и сварки переходного тройника 1020 на 720 в условиях ООО Челябинский завод комплектации трубопроводов путем замены ручного способа сварки на автоматическую под слоем флюса с применением керамических подкладок.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ				

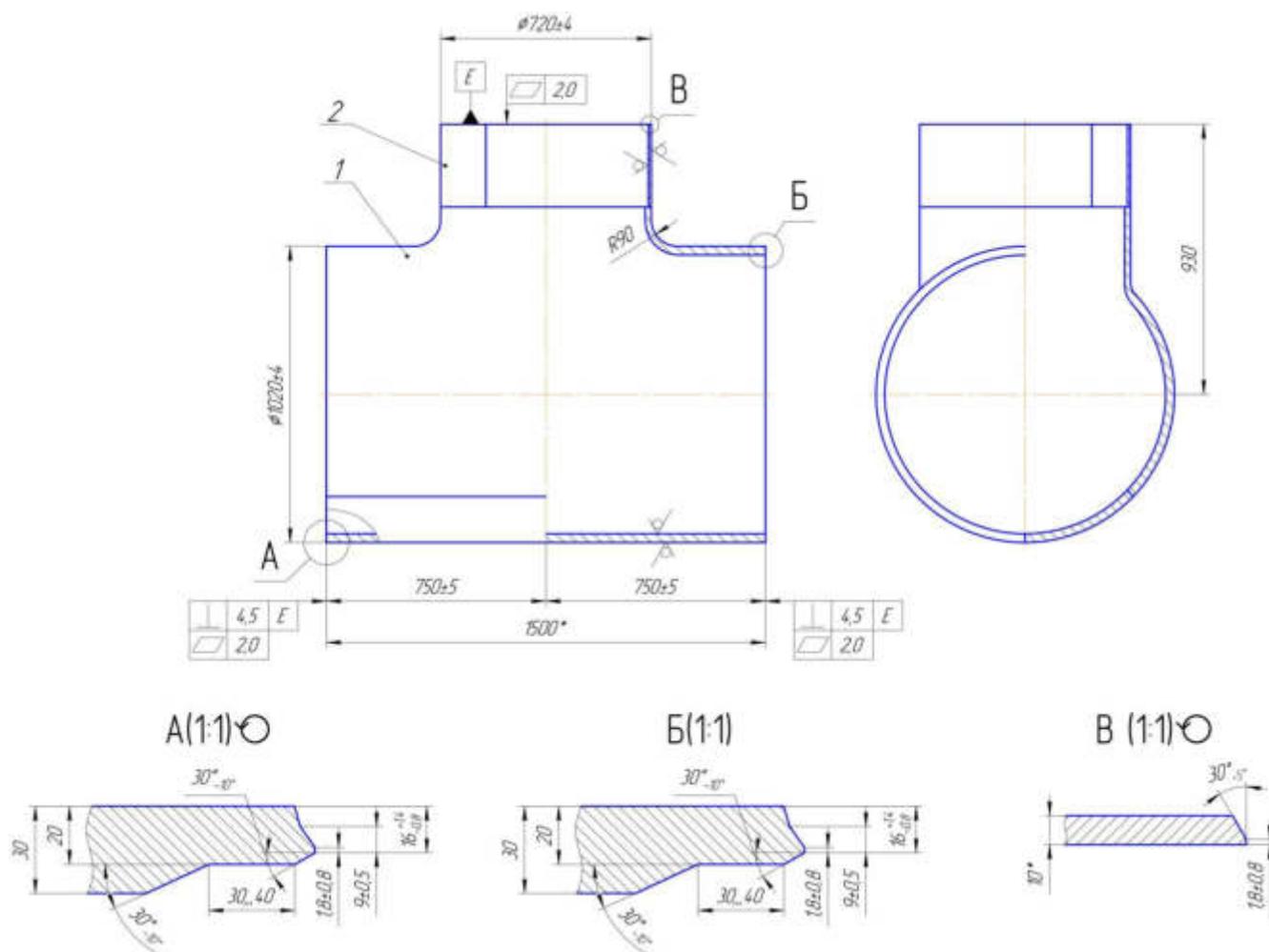
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ конструкции тройника

Тройник, при установке на магистральном нефтепроводе, предназначен для присоединения к основному трубопроводу ответвлений в сторону, перпендикулярную основному потоку.

Тройник представляет собой цельносварную конструкцию, состоящую из магистрали и ответвления.

Общий вид тройника показан на рисунке 1.1.



1 – Магистраль; 2 – Ответвление

Рисунок 1.1 – Общий вид тройника

Магистраль изготавливается из сварной одношовной трубы класса прочности К56 размера 1020×30 мм. Ответвление изготавливается из сварной одношовной

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

трубы класса прочности К52 размером 720×10 мм.

Тройник работает в тяжелых условиях при воздействии давления от перекачиваемой среды, напряжений самого трубопровода и истирания, поэтому к нему предъявляются повышенные требования по качеству изготовления.

1.2 Материал изделия и его свариваемость

В качестве основного материала для магистрали используется низкоуглеродистая низколегированная сталь класса прочности К56 марки 12Г2СБ, которая изготавливается по химическому составу и механическим свойствам согласно требованиям [1]. Данная сталь является низкоуглеродистой и низколегированной. Применяется для изготовления труб, а также соединительных узлов магистральных трубопроводов.

Для изготовления труб и соединительных деталей, сталь 12Г2СБ изготавливается в виде горячекатаных листов, которые по геометрическим параметрам соответствуют [2].

Химический состав стали 12Г2СБ приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 12Г2СБ [1]

В процентах

Химический элемент	С	Si	Mn	V	S	P	Nb	Ti
				Не более				
Количество	0,1...	0,25...	1,4...	0,08	0,02	0,025	0,04...	0,005...
	0,14	0,5	1,75					

Механические свойства стали 12Г2СБ приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 12Г2СБ [1]

Класс прочности	Предел текучести σ_T , МПа, не менее	Предел прочности σ_B , МПа, не менее	Относительное удлинение δ_5 , %, не менее
К56	410	550	20

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Указанные механические свойства стали 12Г2СБ достигаются путем применения дополнительной термообработки либо использования при изготовлении листов контролируемой прокатки. Способ изготовления проката указывается в сертификате на металл.

Свариваемость стали 12Г2СБ определяется по формуле (1.1) из [1]:

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

где С, Мn, Cr, Мо, V, Ti, Nb, Ni, Cu – содержание в стали 12Г2СБ углерода (С), марганца (Mn), хрома (Cr), молибдена (Мо), ванадия (V), титана (Ti), ниобия (Nb), никеля (Ni) и меди (Cu) по результатам отбора ковшовой пробы, %.

При подставлении максимальных значений содержания химических элементов для стали 12Г2СБ, указанных в таблице 1.1, в формулу (1.1) получим, что значение C_{Σ} составляет

$$C_{\Sigma} = 0,14 + \frac{1,75}{6} + \frac{0,08+0,07+0,02}{5} = 0,47 \text{ \%}.$$

Максимально допустимое значение C_{Σ} , при котором допускается не применять предварительный подогрев, составляет 0,45%. Рассчитанное значение эквивалента углерода превышает требуемое, следовательно, при сварке требуется проведение предварительного подогрева.

Определим температуру предварительного подогрева по формуле (1.2) из [3]:

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

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

Определим полный эквивалент углерода $|C|_{\Sigma}$ по формуле (1.3) из [3]:

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

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

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

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

Определим химический эквивалент углерода $|C|_{\text{X}}$ по формуле (1.4) из [3]:

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

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

Подставим требуемые значения содержания химических элементов в формулу (1.4) и получим, что химический эквивалент углерода $|C|_{\text{X}}$

$$|C|_{\text{X}} = 0,14 + \frac{1,75}{9} = 0,34 \text{ \%}.$$

Определим размерный эквивалент углерода $|C|_{\text{P}}$ по формуле (1.5) из [3]:

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

где $S = 30$ – толщина деталей, подлежащих сварке, мм.

Тогда, по формуле (1.5) получим, что

$$|C|_{\text{P}} = 0,005 \cdot 30 \cdot 0,34 = 0,051 \text{ \%}.$$

Подставим полученные значения $|C|_{\text{X}}$ и $|C|_{\text{P}}$ в формулу (1.3) и, тогда, полный эквивалент углерода $|C|_{\text{Э}}$

$$|C|_{\text{Э}} = 0,34 + 0,051 = 0,391, \text{ \%}.$$

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Таким образом, температура предварительного подогрева T_0 равна

$$T_0 = 350 \cdot (0,391 - 0,25)^{0,5} = 131,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Примем, что минимальная температура предварительного подогрева составляет $135 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В качестве основного материала ответвления применяется низкоуглеродистая низколегированная сталь класса прочности К52 марки 17Г1С, которая по механическим свойствам и химическому составу изготавливается в соответствии с требованиями [1]. Данная сталь является низкоуглеродистой и низколегированной. Применяется при изготовлении конструкций, которые работают в условиях высоких давлений в диапазоне температур $-40^\circ\text{C} \dots +475^\circ\text{C}$.

Химический состав стали 17Г1С приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Химический состав стали 17Г1С [1]

В процентах

C	Si	Mn	V	S	P	Al	Ti
			Не более				
0,15...0,2	0,4...0,6	1,15...1,55	0,08	0,03	0,035	0,02...0,05	0,04

Механические свойства стали 17Г1С приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Механические свойства стали 17Г1С [1]

Класс прочности	Предел текучести σ_T , МПа, не менее	Предел прочности σ_B , МПа, не менее	Относительное удлинение δ_5 , %, не менее
К52	355	510	20

Свариваемость стали 17Г1С определяется по формуле (1.1):

$$C_{\Sigma} = 0,2 + \frac{1,55}{6} + \frac{0,08 + 0,04}{5} = 0,48 \text{ } \%$$

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Максимально допустимое значение $C_{\text{Э}}$, при котором допускается не применять предварительный подогрев, составляет 0,45 %. Рассчитанное значение эквивалента углерода превышает требуемое, следовательно, при сварке требуется проведение предварительного подогрева.

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

$$|C|_X = 0,2 + \frac{1,55}{9} = 0,37 \%$$

Размерный эквивалент углерода $|C|_P$ определяется по формуле (1.5) при условии, что $S=10$ мм. Тогда

$$|C|_P = 0,005 \cdot 10 \cdot 0,37 = 0,019 \%$$

Подставим полученные значения $|C|_X$ и $|C|_P$ в формулу (1.3) и, тогда, полный эквивалент углерода $|C|_{\text{Э}}$

$$|C|_{\text{Э}} = 0,37 + 0,019 = 0,389 \%$$

Таким образом, по формуле (1.2), температура предварительного подогрева T_0 равна

$$T_0 = 350 \cdot (0,389 - 0,25)^{0,5} = 130,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Примем, что минимальная температура предварительного подогрева составляет 135 °С.

Выводы по разделу 1:

В разделе 1 рассмотрена конструкция тройника. Описан химический состав и механические свойства применяемых марок стали, а также вид сварного шва.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Рассмотрены условия эксплуатации тройника. Рассчитана свариваемость сталей и определена необходимость применения предварительного подогрева перед сваркой.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса

Технологический процесс изготовления деталей для тройника начинается с входного контроля. Он проводится на стадии подготовки запуска изделия в производство для контроля соответствия поставляемой продукции требованиям применяемой на заводе нормативной документации.

Входной контроль производится согласно внутренним нормативным документам, действующим на заводе–изготовителе узлов.

При входном контроле проверяются, в первую очередь, сертификатные данные. В сертификате должно быть указано следующее:

- завод-изготовитель трубы;
- типоразмер поставляемой трубы;
- номер поставляемой трубы;
- номер плавки основного металла;
- номер партии сварных соединений;
- сведения о химическом составе;
- сведения о механических свойствах, в том числе ударной вязкости;
- сведения о проведении 100% ультразвукового контроля листа на заводе изготовителе листового проката;
- отметка отдела технического контроля (далее по тексту ОТК) о приемке.

После проверки сертификатных данных производится контроль геометрических параметров труб (предназначенных для изготовления ответвления) и магистрали тройника, а также визуальный осмотр наружной и внутренней поверхностей на наличие дефектов металла, выводящих толщину

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ					

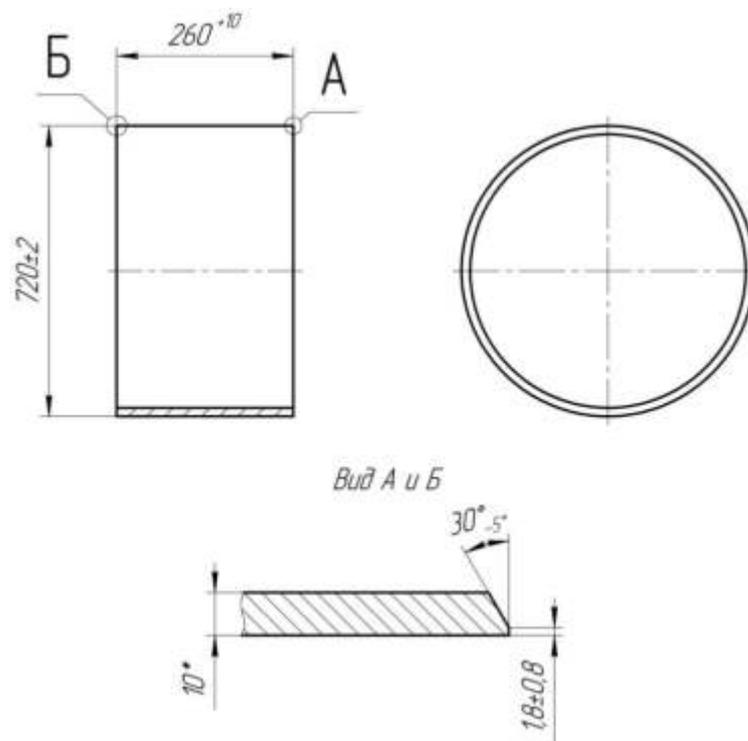


Рисунок 2.2 – Общий вид ответвления

При обнаружении на поверхности магистрали либо ответвления недопустимых дефектов, производится их исправление зачисткой. Подварка по телу строго запрещена.

При обнаружении несоответствий геометрических параметров требованиям нормативно-технической документации (далее по тексту НТД), проводится их фиксация в журнале входного контроля. Если несоответствие неисправимо, то изделие отправляется в брак с оформлением соответствующего сопроводительного документа.

После того, как проведены все операции на входном контроле и контроле заготовки производится подготовка к операции сборки и сварки. На этой операции производится контроль кромок, зачистка околошовной зоны от окалины и следов ржавчины до чистого металла, а также повторный осмотр поверхности на наличие дефектов поверхности. При их обнаружении производится исправление.

После подготовки начинается процесс сборки. Сборка осуществляется при помощи наружного центратора. Он применяется для устранения смещения кромок и более точного выставления требуемого зазора при сварке.

						15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			18

При сборке должны выполняться следующие требования:

- относительное смещение не должно превышать значения 2 мм;
- величина зазора в стыке должна находиться в пределах 2...3 мм.

После выставления геометрии стыка производится установка прихваток. Количество прихваток не должно быть меньше 4 шт. Длина каждой отдельной прихватки должна составлять 50...100 мм. Прихватки располагают равномерно по периметру стыка. Сварку прихваток выполняют электродами марки LB-52U диаметром 2,5 мм. Химический состав металла, наплавленного электродами LB-52U, показан в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав металла, наплавленного электродами LB-52U [4]

В процентах

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo
			Не более				
0,06	0,52	1	0,005	0,011	0,03	0,01	0,3

Режимы сварки прихваток приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Режимы сварки прихваток

Положение в пространстве	dэ, мм	I _{св} , А	U _д , В
Нижнее	2,5	80...90	21,4...21,8
Потолочное		70...80	
Вертикальное		70...90	

Сварка прихваток выполняется одновременно двумя сварщиками. Прихватки должны располагаться на расстоянии не меньше 100 мм от заводского продольного шва ответвления.

Геометрические параметры стыка, собранного под сварку, показаны на рисунке 2.3.

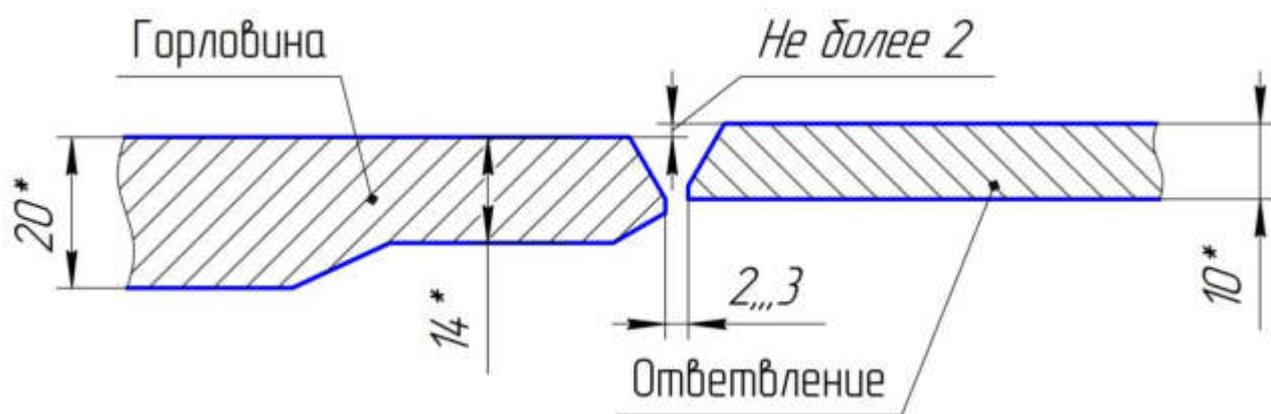


Рисунок 2.3 – Геометрические параметры стыка, собранного под сварку

После сварки производится осмотр прихваток на предмет отсутствия трещин, кратеров, несплавлений. При обнаружении пор, трещин прихватка удаляется и устанавливается заново. Концевые участки прихваток зачищаются шлифовальной машинкой.

По завершении установки прихваток производится предварительный подогрев. Он осуществляется при помощи пропановой горелки. Зона нагрева составляет 80 мм в обе стороны от стыка.

Согласно расчетам, стык требуется подогреть до температуры не менее 135°C. Контроль производится поверенным контактнм или бесконтактным пирометром с погрешностью измерений не более 10 °С. Контроль температуры проводится не менее чем в четырех точках, которые расположены равномерно по периметру стыка на расстоянии 50...70 мм от самого стыка в обе стороны.

После того, как стык подогрели, начинается процесс сварки. Сварка ручная дуговая штучными электродами. В общем случае, сварной шов состоит из четырех слоев:

- корневой слой;
- подварочный слой;
- заполняющий слой – два слоя;
- облицовочный слой – два слоя.

Сварка корневого слоя производится методом «на подъем», то есть точка зажигания дуги находится ниже точки окончания ее горения. Также варятся заполняющие и облицовочные слои.

Сварка подварочного слоя сварного шва осуществляется методом «на подъем» в месте, расположенном выше нижней трети периметра. При сварке в нижней трети применяется метод «на спуск», то есть, точка зажигания дуги находится выше точки ее обрыва.

Сварка всех слоев сварного шва производится на постоянном токе обратной полярности.

Сварка корневого прохода осуществляется электродами LB-52U диаметром 2,5 мм, химический состав которых представлен ранее в таблице 2.1.

Подварочный, заполняющий и облицовочный проходы выполняются электродами марки УОНИ 13/55 диаметром 4 мм производства фирмы Esab на территории Российской Федерации.

Химический состав металла, наплавленного электродами УОНИ 13/55, показан в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Химический состав металла, наплавленного электродами УОНИ 13/55 [5]

В процентах

Химический элемент	C	Si	Mn	S	P
Количество	Не более 0,11	0,3	0,95	Не более 0,03	

Механические свойства металла, наплавленного электродами УОНИ 13/55, представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Механические свойства металла, наплавленного электродами УОНИ 13/55 [5]

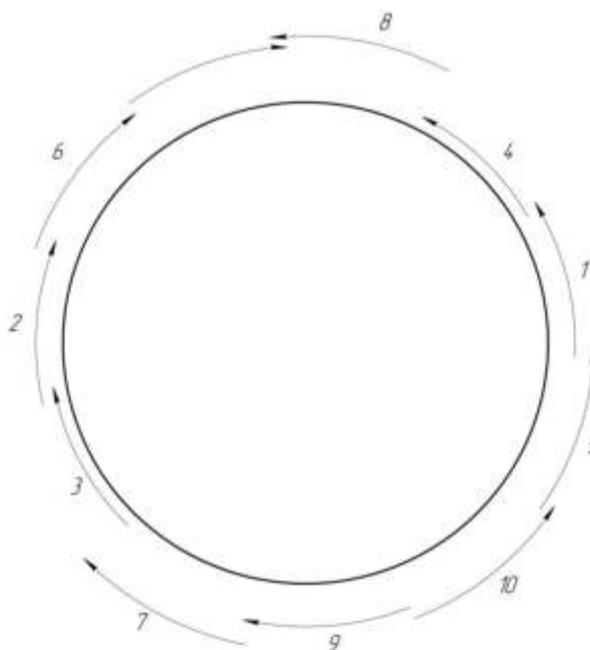
Предел прочности σ_b , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %
Не менее	
490	20

Сварка корневого слоя осуществляется двумя сварщиками одновременно. Зажигание дуги производится в двух диаметрально противоположных точках.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Длина проваренного участка составляет 200...250 мм. После сварки каждого участка производится осмотр и зачистка мест начала и окончания сварки. Замковый шов должен находиться на расстоянии не менее 30 мм от продольного сварного шва катушки. Замковый шов по окончании сварки зачищается до уровня основного шва.

Порядок сварки корневого слоя показан на рисунке 2.4.



1...11 – Порядковый номер свариваемых участков

Рисунок 2.4 – Порядок сварки корневого слоя

По окончании сварки корневого слоя производится его осмотр и при выявлении дефектов производится его ремонт. Режимы сварки корневого слоя шва показаны в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Режимы сварки корневого слоя

Параметр	Положение при сварке		
	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
Сила сварочного тока, А	80...90	70...90	70...80
Напряжение на дуге, В	21,6...21,8	21,4...21,8	21,4...21,6
Скорость сварки, см/с	0,3	0,2	0,2

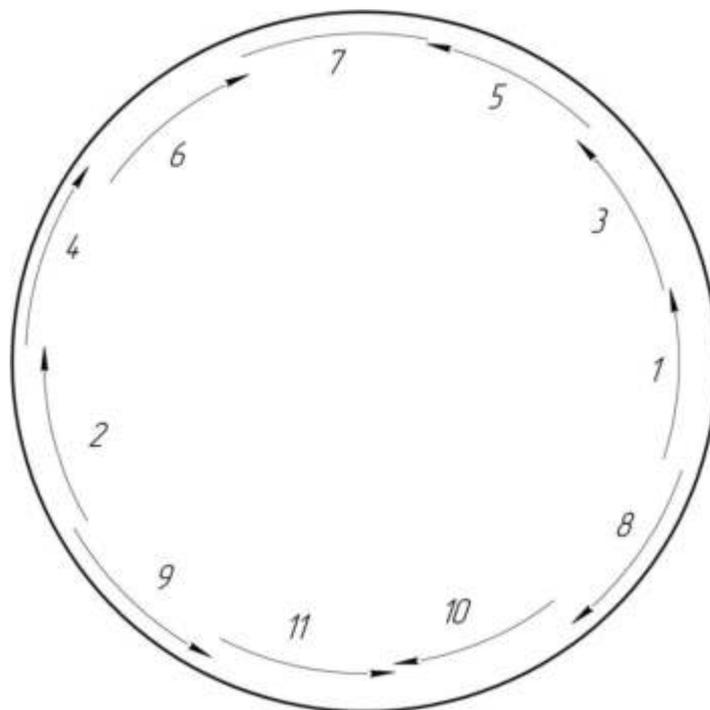
При сварке подварочного слоя должно выполняться требование по ширине и

высоте валика усиления:

- ширина 6...10 мм;
- высота 1...3 мм.

У подварочного слоя шва должен быть обеспечен плавный переход от шва к основному металлу. Подварочный слой выполняется после сварки корневого слоя.

Порядок сварки подварочного шва показан на рисунке 2.5.



1...11 – Порядковый номер свариваемых участков

Рисунок 2.5 – Порядок сварки подварочного слоя

По окончании сварки подварочного слоя производится его осмотр и при выявлении дефектов производится его ремонт. Режимы сварки подварочного слоя шва показаны в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Режимы сварки подварочного слоя

Параметр	Положение при сварке		
	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
Сила сварочного тока, А	130...160	120...160	120...150
Напряжение на дуге, В	22,6...23,2	22,4...23,2	22,4...23
Скорость сварки, см/с	0,3	0,2	0,2

После сварки подварочного слоя производится сварка заполняющих слоев. Заполняющие слои варятся электродами марки УОНИ 13/55 диаметром 4 мм, химический состав и механические свойства которых приведены в таблицах 2.3 и 2.4. Порядок сварки заполняющих слоев соответствует порядку сварки корневого слоя и приведен на рисунке 2.4. В то же время, параметры режима сварки заполняющих слоев соответствуют требуемым в таблице 2.6.

После сварки каждого заполняющего слоя производится его осмотр и устранение выявленных дефектов. Межслойная температура должна находиться в интервале 50...250 °С. Контроль производит сварщик при помощи бесконтактного пирометра. При обнаружении температуры стыка менее 50 °С производится сопутствующий подогрев.

По завершении сварки заполняющих слоев производится зачистка зоны сварки и начинается сварка облицовочного слоя. Облицовочный слой выполняется электродами марки УОНИ 13/55 диаметром 4 мм, химический состав и механические свойства которых приведены в таблицах 2.3 и 2.4. Порядок сварки облицовочного слоя соответствует порядку сварки корневого слоя и приведен на рисунке 2.4. В то же время, параметры режима сварки заполняющих слоев соответствуют требуемым в таблице 2.6.

Общий вид сварного шва показан на рисунке 2.6.

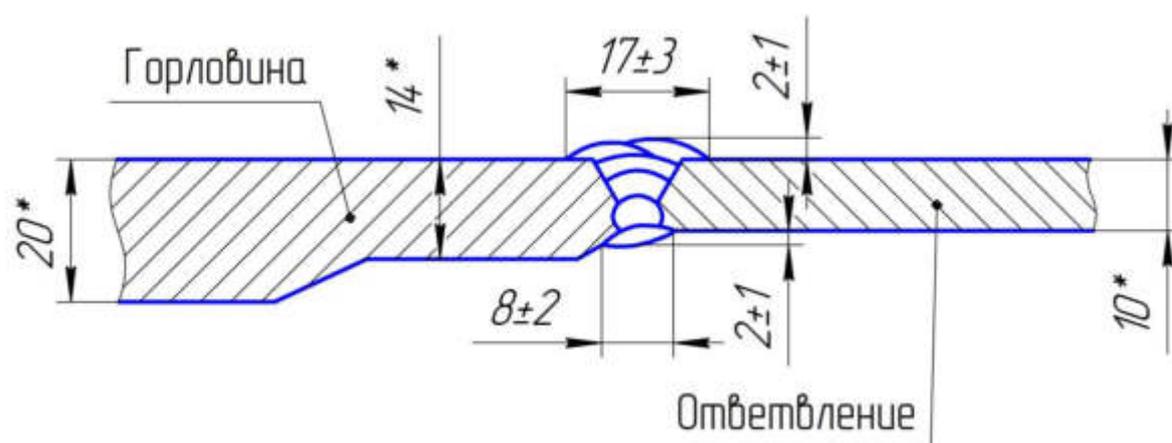


Рисунок 2.6 – Общий вид сварного шва

Общие требования к сварке:

– зажигание дуги производится в разделке кромок или с поверхности уже сваренных участков шва;

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

– удаление наружного центризатора допускается после выполнения не менее 60% от всего периметра корневого слоя. При этом участки корневого прохода должны равномерно располагаться по периметру стыка;

– допускается демонтировать наружный центризатор после сварки прихваток. Поэтому они удаляются в процессе сварки корневого слоя шва;

– сварка всех слоев, кроме подварочного, выполняется двумя сварщиками;

– корневой слой проверяется визуальным и измерительным контролем изнутри свариваемых элементов;

– смежные валики при сварке заполняющих и облицовочных слоев должны перекрывать друг друга на величину, которая не меньше 1/3 от общей ширины одного валика;

– при сварке шва производится зачистка шлифовальной машинкой всех слоев от шлака и брызг металла;

– сварка любого слоя должна начинаться и заканчиваться на расстоянии не меньше 100 мм от заводских продольных швов ответвления;

– каждый следующий проход в разрезе одного слоя смещается относительно начала предыдущего слоя на величину не меньше 30 мм;

– место обрыва дуги при сварке смежных проходов смещается на расстояние не меньше 70...100 мм;

– незаконченными сварные соединения оставлять не допускается.

При отсутствии возможности полностью завершить сварку стыка должны соблюдаться следующие требования:

– заполнение стыка не должно быть меньше 2/3 от толщины стенки;

– стык должен быть накрытым водонепроницаемым теплоизолирующим поясом, способствующим медленному и более равномерному остыванию;

– перед началом сварки производится предварительный подогрев до требуемой температуры;

– стык должен быть полностью сварен за 24 часа.

Заземление, обеспечивающее получение энергии от источника питания должно быть присоединено на различные контактные устройства, исключаящие

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

образование искр на основном металле магистрали тройника и ответвления в процессе сварки. Токоподвод должен осуществляться в разделку кромок.

После сварки производится зачистка сварного шва и околошовной зоны на расстоянии 50 мм и больше в обе стороны от шва для контроля качества.

Для контроля стыка применяются следующие методы:

- визуально-измерительный метод контроля (далее по тексту ВИК);
- ультразвуковой метод контроля (далее по тексту УЗК);
- радиографический метод контроля (далее по тексту РК).

В качестве источника питания при сварке используется выпрямитель марки ВД-506ДК. Общий вид выпрямителя ВД-506ДК показан на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Общий вид выпрямителя ВД-506ДК [6]

Технические характеристики выпрямителя ВД-506ДК представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Технические характеристики выпрямителя ВД-506ДК [6]

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, А	50
Диапазон сварочного тока, А	60...500
Напряжение холостого хода, В	95
Потребляемая мощность, не более, кВА	36

Продолжение таблицы 2.7.

Габариты, мм	615×400×670
Вес, кг	160

В настоящее время в условиях импортозамещения, а также строительства новых и реконструкции старых трубопроводов возникает необходимость в увеличении объемов изготовления соединительных деталей, в частности, тройников.

В этом случае рассмотренная выше технология изготовления тройника является неэффективной из-за негативного влияния следующих факторов:

- малая величина производительности при требуемом количестве применяемых на объектах строительства изделий;
- неудобное положение изделия при сварке, что является причиной неудобного положения при ведении процесса;
- использование ручной дуговой сварки, что увеличивает влияние человеческого фактора на получение качественного сварного соединения;

Для снижения влияния негативных факторов на производительность и на качество сварного шва приварки ответвления к магистрали возможно применение следующих мероприятий:

- замена ручной дуговой сварки штучными электродами на автоматическую сварку под слоем флюса с применением керамических подкладок либо автоматическую орбитальную сварку в среде защитных газов либо их комбинацию;
- замена сварочных материалов и пересмотр параметров режимов сварки;
- замена наружного центриатора внутренним для более быстрого и качественного процесса сборки.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

2.2 Выбор способа сварки

Для того, чтобы улучшить технологию изготовления тройника требуется заменить ручную дуговую сварку штучными электродами.

В качестве возможных вариантов замены могут быть:

- сварка под слоем флюса с применением керамических подкладок;
- сварка в защитных газах.

При сварке под слоем флюса наблюдается высокая производительность в сравнении со сваркой в среде защитных газов, а также стабильное качество сварного шва, малый расход электродной проволоки и электроэнергии.

Производительность при сварке под слоем флюса возрастает благодаря применению более высоких значений сварочного тока. Это возможно из-за образования в зоне сварки плотного слоя закристаллизовавшегося флюса, который защищает сварочную ванну.

При сварке под слоем флюса нет необходимости зачищать поверхность свариваемых деталей от брызг расплавленного металла. Основными недостатками при сварке под слоем флюса являются следующие:

- точность сборки деталей перед сваркой;
- диапазон толщин свариваемых материалов выгоден только с толщины более 6 мм;
- стабильность процесса обеспечивается только в нижнем положении.

При сварке в защитных газах наблюдается меньшая производительность в сравнении со сваркой под слоем флюса. Однако, намного выше, чем у ручной дуговой сварки. Повышение производительности достигается при помощи автоматизации процесса.

Лучшая защита сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха обеспечивается применением смесей газов в различном соотношении.

Достоинствами сварки в защитных газах являются:

- возможность выполнения процесса во всех пространственных положениях;
- высокая производительность;

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ					

– простота использования оборудования;

Таким образом, сравнив два процесса сварки, рассмотрев их достоинства и недостатки можно сделать вывод о том, что процесс сварки в защитных газах в большей степени соответствует требованиям технологического процесса по сравнению со сваркой под флюсом. Однако, при сварке под слоем флюса допускается применение керамических подкладок. Это дает преимущество сварки под слоем флюса перед сваркой в среде защитных газов. Это в то же время позволяет получить высокую производительность и требуемое качество сварного шва.

2.3 Проектируемый вариант технологического процесса

Для выполнения кольцевого стыкового шва предлагается применить автоматическую сварку под флюсом с применением керамических подкладок. Для обеспечения качественного ведения процесса при сборке должны выполняться следующие требования:

- величина зазора 2...4 мм;
- относительное смещение кромок не должно превышать 2 мм;
- прихватки устанавливаются в количестве 4 шт длиной 100...120 мм в диаметрально расположенных местах по периметру стыка;
- величина зазора между керамической подкладкой и поверхностью стыкуемых элементов $0,5 \pm 0,2$ мм.

Сборка производится при помощи внутреннего центратора.

После установки прихваток с внутренней стороны стыка производится установка керамических подкладок. Фиксация их обеспечивается при помощи алюминиевого скотча.

После этого, собранный узел предлагается смонтировать на сварочный позиционер, у которого начальное положение планшайбы параллельно полу. Далее собранный узел закрепляется на планшайбе при помощи прижимов механических. Затем, планшайба поворачивается на угол 90° .

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

В то же время, для обеспечения процесса сварки под слоем флюса предлагается внедрить сварочную колонну с установленной на ней сварочной головкой.

Процесс сварки под слоем флюса начинается в разделке кромок. Оператор сварочной установки должен следить за сварным швом и, при необходимости, корректировать режимы сварки и положение проволоки над стыком.

По окончании процесса сварки, тройник отправляется на термическую обработку для снятия остаточных напряжений (высокий отпуск).

После проведения термообработки производится контроль качества.

2.4 Выбор сварочных материалов

Для автоматической сварки под слоем флюса предлагается использовать сварочную проволоку марки Св-10НМА диаметром 4 мм, изготавливаемую по требованиям [7].

Химический состав проволоки Св-10НМА приведен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Химический состав проволоки Св-10НМА [7]

В процентах

Химический элемент	С	Si	Mn	Ni	Mo	Cr	S	P
						Не более		
Количество	0,07...0,12	0,12...0,35	0,4...0,7	1...1,5	0,4... 0,55	0,2	0,025	0,03

Склонность сварного соединения к образованию горячих трещин определяется по формуле (2.1) из [8]:

$$HCS = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + 0,01Ni \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}, \quad (2.1)$$

где С, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – массовые доли химических элементов в

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ					

сварочной проволоке, %.

Тогда, по формуле (2.1)

$$HCS = \frac{0,12 \cdot \left(0,025 + 0,03 + \frac{0,35}{25} + 0,01 \cdot 1,5 \right) \cdot 10^3}{3 \cdot 0,7 + 0,2 + 0,55} = 3,54 \text{ ед.}$$

Так как $3,54 < 4$, то сварное соединение не склонно к образованию горячих трещин.

В качестве защиты сварочной ванны будем использовать флюс марки Ан-43, поставляемый согласно требованиям [9].

Химический состав флюса Ан-43 приведен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Химический состав флюса Ан-43 [9]

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

2.5 Расчет режимов сварки

Общий вид сварного шва приварки ответвления к магистрали тройника показан на рисунке 2.8.

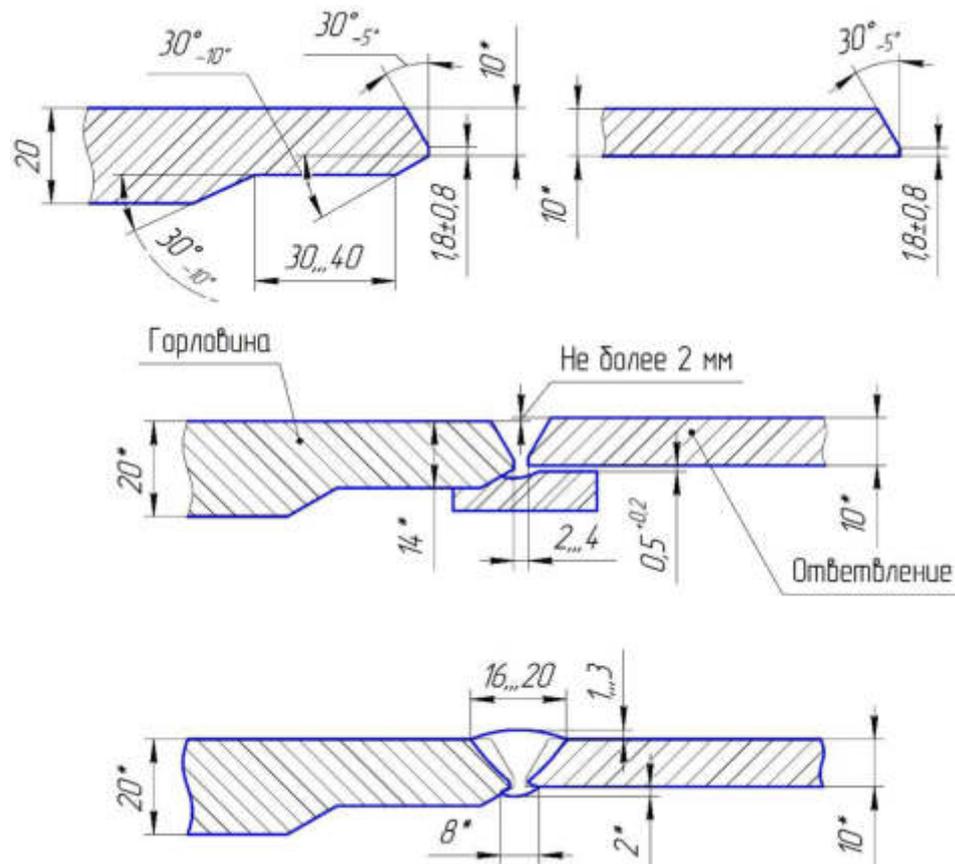


Рисунок 2.8 – Общий вид сварного шва приварки ответвления к магистрали

Зададим сварочный ток постоянный прямой полярности. Примем, что вылет электродной проволоки составляет 35 мм. Высота слоя флюса составляет 35 мм.

Требуемая площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле (2.2) из [10]:

$$F_H = pS + h^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} + 0,73C(2h \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + p + 6) + 0,73 \cdot 2 \cdot 8, \quad (2.2)$$

где $p = 2,5$ – величина зазора, мм;

$S = 10$ – толщина соединяемых элементов, мм;

$h = 8,2$ – величина глубины разделки, мм;

$\alpha = 60$ – угол разделки, град;

$C = 2$ – требуемая высота валика усиления, мм.

Тогда, по формуле (2.2) получим, что

$$F_H = 2,5 \cdot 10 + 8,2^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 0,73 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 8,2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 2,5 + 6) + 0,73 \cdot 2 \cdot 8 = 102 \text{ мм}^2 = 1,02 \text{ см}^2.$$

Примем, что площадь сечения облицовочного прохода составляет $26 \text{ мм}^2 = 0,26 \text{ см}^2$. Тогда, площадь сечения первого прохода составляет $32 \text{ мм}^2 = 0,32 \text{ см}^2$.

Рассчитаем параметры режима сварки кольцевого шва приварки ответвления к магистрали исходя из условия отсутствия разделки кромок и зазора. Зададим значение силы сварочного тока для диаметра проволоки 4 мм равное 550 А.

Определим плотность сварочного тока по формуле (2.3) из [3]:

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 550}{3,14 \cdot 4^2} = 43,8 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}. \quad (2.3)$$

При диаметре электрода 4 мм плотность сварочного тока находится в интервале $40 \dots 70 \text{ А/мм}^2$ [3]. Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (2.4) из [3]:

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{CB} \pm 1, \text{ В}, \quad (2.4)$$

где $d_{\text{Э}} = 4$ – диаметр электродной проволоки, мм;

$I_{CB} = 550$ – сила сварочного тока, А.

Тогда, по формуле (2.4) получим, что

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 550 \pm 1 \approx 33,8 \pm 1 \text{ В}.$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

(2.5) из [3]:

$$V_{CB} = \frac{V_{\text{ПОД}}}{F_H} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (2.5)$$

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

F_H – требуемая площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$F_{\text{Э}} = 0,126$ – площадь сечения электрода, см².

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{ПОД}}$ по формуле (2.6) из [3]:

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_p I_{CB}}{3600 F_{\text{ЭЛ}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (2.6)$$

где α_p – коэффициент расплавления, г/Ач;

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,126$ – площадь сечения электродной проволоки, см²;

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

Определим коэффициент расплавления по формуле (2.7) из [3]:

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta \alpha_p, \quad (2.7)$$

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

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

Составляющая, обусловленная тепловложением дуги α'_p при постоянном токе прямой полярности определяется по формуле (2.8) из [3]:

$$\alpha'_p = 6,3 + \frac{0,0702 I_{CB}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 550}{4^{1,035}} = 15,5 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}. \quad (2.8)$$

Составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p$ рассчитывается по формуле (2.9) из [3]:

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{III}}{q_{\text{Э}}I_{\text{СВ}}}, \quad (2.9)$$

где Q_{III} – 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_{III} по формуле (2.10) из [3]:

$$Q_{III} = 0,1884j^2\rho_0d_{\text{Э}}^2 \left(\frac{V_{\text{Э}}}{a\alpha\beta} (e^{-p_2l} - 1) - \frac{\alpha(T_{\text{пл}} - T_0)}{p_1} \right), \quad (2.10)$$

где $j = 4380$ – плотность тока в электроде, А/см²;

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

$d_{\text{Э}} = 0,4$ – 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;

$l = 4$ – 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.

Определим коэффициент β по формуле (2.11) из [3]:

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\beta = \frac{0,24j^2 \rho_0}{a \gamma} = \frac{0,24 \cdot 4380^2 \cdot 0,000014}{0,08 \cdot 1,25} = 644,6 \text{ ед.} \quad (2.11)$$

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

Определим условную скорость подачи проволоки по формуле (2.12) из [11]:

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 15,5 \cdot 550}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,85 \cdot 0,4^2} = 2,4 \text{ см/с.} \quad (2.12)$$

Определим коэффициенты p_1 и p_2 исходя из условия (2.13) из [3]:

$$\begin{cases} p_1 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} - \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{2,4}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{2,4^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 644,6} = -29,8 \text{ ед;} \\ p_2 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} + \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{2,4}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{2,4^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 644,6} = -0,2 \text{ ед.} \end{cases} \quad (2.13)$$

Тогда, по формуле (2.10) получим, что

$$Q_{\text{III}} = 0,1884 \cdot 4380^2 \cdot 0,000014 \cdot 0,4^2 \cdot \left(\frac{2,4}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 644,6} (e^{-0,2 \cdot 4} - 1) - \frac{0,0083 \cdot (1500 - 20)}{-29,8} \right) = 56 \text{ кал.}$$

Следовательно, по формуле (2.9)

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 56}{325 \cdot 550} = 1,1 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

Тогда, по формуле (2.7) коэффициент расплавления

$$\alpha_p = 15,5 + 1,1 = 16,6 \text{ г/Ач.}$$

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Следовательно, по формуле (2.6) получим, что скорость подачи $V_{\text{ПОД}}$

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{16,6 \cdot 550}{3600 \cdot 0,126 \cdot 7,85} = 2,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Тогда, по формуле (2.5) получим, что скорость сварки $V_{\text{СВ}}$

$$V_{\text{СВ}} = \frac{2,6}{0,32} \cdot 0,126 = 1,04 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем погонную энергию при сварке по формуле (2.14) из [3]:

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (2.14)$$

где $\eta=0,9$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой при сварке под слоем флюса.

Тогда, по формуле (2.14) получим, что

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 33,8 \cdot 550 \cdot 0,9}{1,04} = 3861 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определим глубину провара по формуле (2.15) из [3]:

$$h = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}}, \quad (2.15)$$

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

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

Определим коэффициент формы шва по формуле (2.16) из [3]:

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$\Psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19-0,01I_{\text{СВ}})d_{\text{Э}}U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}}, \quad (2.16)$$

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

При сварке на постоянном токе прямой полярности коэффициент k' определяется по формуле (2.17) из [3]:

$$k' = \frac{2,82}{j^{0,1925}} = \frac{2,82}{43,8^{0,1925}} = 1,36. \quad (2.17)$$

Тогда, по формуле (2.16) получим, что

$$\Psi_{\text{ПР}} = \frac{1,36 \cdot (19-0,01 \cdot 550) \cdot 4 \cdot 33,8}{550} = 4,5 \text{ ед.}$$

Тогда, по формуле (2.15) глубина провара составляет

$$h = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{3861}{4,5}} = 0,46 \text{ см.}$$

Определим ширину шва по формуле (2.18) из [3]:

$$B = \Psi_{\text{ПР}} h = 4,5 \cdot 0,46 = 2,07 \text{ см.} \quad (2.18)$$

Определим высоту валика по формуле (2.19) из [3]:

$$C = \frac{F_{\text{Н}}}{0,73B} = \frac{0,32}{0,73 \cdot 2,07} = 0,21 \text{ см.} \quad (2.19)$$

Общая высота шва определяется по формуле (2.20) из [3]:

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$D=h+C=0,46+0,21=0,67 \text{ см.} \quad (2.20)$$

Полученные значения высоты и ширины шва рассчитаны из условия, что сварка производится без разделки кромок и без зазора.

Высота шва при наличии разделки кромок и зазора при многопроходной сварке для первого прохода определяется по формуле (2.21) из [3]:

$$C_2 = \sqrt{\frac{F_H - D_p}{\text{tg}\alpha}} = \sqrt{\frac{0,32 - 0,67 \cdot 0,25}{0,57}} = 5,1 \text{ мм} = 0,51 \text{ см.} \quad (2.21)$$

Рассчитаем полученную глубину проплавления по формуле (2.22) из [3]:

$$H_2 = D - C_2 = 6,7 - 5,1 = 1,6 \text{ мм.} \quad (2.22)$$

Полученное значение глубины проплавления не соответствует требованиям, поэтому, требуется скорректировать режимы сварки. Примем, что напряжение на дуге $U_d = 28 \text{ В}$. Тогда:

– погонная энергия по формуле (2.14)

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_d I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 28 \cdot 550 \cdot 0,9}{1,04} = 3198,5 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

– коэффициент формы шва по формуле (2.16)

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_d}{I_{\text{СВ}}} = \frac{1,36 \cdot (19 - 0,01 \cdot 550) \cdot 4 \cdot 28}{550} = 3,7 \text{ ед.}$$

– глубина провара по формуле (2.15):

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$h=0,0156 \sqrt{\frac{q_{II}}{\psi_{IP}}} = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{3198,5}{3,7}} = 0,46 \text{ см.}$$

– ширина шва по формуле (2.18):

$$B = \psi_{IP} h = 3,7 \cdot 0,46 = 1,7 \text{ см.}$$

– высота валика по формуле (2.19):

$$C = \frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,32}{0,73 \cdot 1,7} = 0,25 \text{ см.}$$

– общая высота шва по формуле (2.20)

$$D = h + C = 0,46 + 0,25 = 0,71 \text{ см.}$$

– высота шва при наличии разделки кромок и зазора по формуле (2.21):

$$C_2 = \sqrt{\frac{F_H - Dp}{\operatorname{tg} \alpha}} = \sqrt{\frac{0,32 - 0,71 \cdot 0,25}{0,57}} = 4,9 \text{ мм} = 0,49 \text{ см.}$$

– глубина проплавления при наличии разделки кромок и зазора по формуле (2.22):

$$H_2 = D - C_2 = 7,1 - 4,9 = 2,2 \text{ мм.}$$

Полученное значение глубины проплавления соответствует требованиям, так как сварка проводится на керамической подкладке и вероятность прожога значительно снижается.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Определим мгновенную скорость охлаждения металла при первом проходе по формуле (2.23) из [3]:

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}, \quad (2.23)$$

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, $^\circ\text{C}$;

$T_0 = 135$ – начальная температура изделия, $^\circ\text{C}$;

k_1 – коэффициент приведения, ед.

Определим коэффициенты приведения по формуле (2.24) из [3]:

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - \alpha} = \frac{180}{180 - 60} = 1,5 \text{ ед.} \quad (2.24)$$

Безразмерный критерий процесса $\bar{\omega}$ зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле (2.25) из [3]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c\gamma(T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 3198,5}{3,14 \cdot (1 \cdot 1,5)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 135)} = 3. \quad (2.25)$$

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

$k_2 = 1,5$ – коэффициент приведения, ед.

При значении безразмерного критерия 3,3 величина $\bar{\omega}$ рассчитывается по формуле (2.26) из [3]:

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 3} = 0,2. \quad (2.26)$$

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Тогда, по формуле (2.23) получим, что

$$\omega = 0,2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500-135)^2}{1,5 \cdot 3198,5} = 3,3 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}$$

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 17Г1С и стали 12Г2СБ.

Произведем расчет параметров режима сварки при втором проходе. Примем, что площадь поперечного сечения наплавленного металла составляет $44 \text{ мм}^2 = 0,44 \text{ см}^2$.

Зададим значение силы сварочного тока 650 А. Сварка производится на постоянном токе прямой полярности.

Плотность сварочного тока при диаметре электродной проволоки 4 мм рассчитывается по формуле (2.3) и составляет

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 650}{3,14 \cdot 4^2} = 51,8 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

При диаметре электрода 4 мм и при сварке стыкового шва плотность сварочного тока находится в интервале 40...70 А/мм². Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (2.4)

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 650 \pm 1 \approx 36,3 \pm 1 \text{ В.}$$

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (2.5) с учетом формул (2.6)...(2.13). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_{\text{Р}} = 17,2 \text{ г/Ач}$;
- условная скорость подачи проволоки $V_{\text{Э}} = 3,2 \text{ см/с}$;
- коэффициент $\beta = 901,6 \text{ ед}$;

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- коэффициент $p_1 = -39,8$ ед, $p_2 = -0,2$ ед;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 74,5$ кал;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p = 1,3$ г/Ач;
- коэффициент расплавления $\alpha_p = 18,5$ г/Ач;
- скорость подачи проволоки $V_{\text{ПОД}} = 3,4$ см/с;
- скорость сварки $V_{\text{СВ}} = 0,98$ см/с.

Далее по формуле (2.14) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 36,3 \cdot 650 \cdot 0,9}{0,98} = 5200,5 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

Произведем расчет параметров режима сварки облицовочного прохода. Примем, что площадь поперечного сечения наплавленного металла составляет $26 \text{ мм}^2 = 0,26 \text{ см}^2$.

Зададим значение силы сварочного тока 650 А. Сварка производится на постоянном токе прямой полярности.

Плотность сварочного тока при диаметре электродной проволоки 4 мм рассчитывается по формуле (2.3) и составляет

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_3^2} = \frac{4 \cdot 650}{3,14 \cdot 4^2} = 51,8 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

При диаметре электрода 4 мм и при сварке стыкового шва плотность сварочного тока находится в интервале 40...70 А/мм². Полученное значение входит в указанный интервал.

Рассчитаем напряжение на дуге по формуле (2.4)

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 650 \pm 1 \approx 36,3 \pm 1 \text{ В}$$

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Рассчитаем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (2.5) с учетом формул (2.6)...(2.13). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_p = 17,2$ г/Ач;
- условная скорость подачи проволоки $V_{\text{Э}} = 3,2$ см/с;
- коэффициент $\beta = 901,6$ ед;
- коэффициент $p_1 = -39,8$ ед, $p_2 = -0,2$ ед;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 74,5$ кал;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p = 1,3$ г/Ач;
- коэффициент расплавления $\alpha_p = 18,5$ г/Ач;
- скорость подачи проволоки $V_{\text{ПОД}} = 3,4$ см/с;
- скорость сварки $V_{\text{СВ}} = 1,5$ см/с.

Далее по формуле (2.14) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 36,3 \cdot 650 \cdot 0,9}{1,5} = 3397,7 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

Определяем геометрические характеристики шва по формулам (2.15)...(2.20).

Тогда:

- коэффициент формы провара $\psi_{\text{ПР}} = 3,7$;
- глубина проплавления $h = 0,47$ см;
- ширина шва $B = 1,74$ см;
- высота валика $C = 0,22$ см;
- высота шва $D = 0,69$ см.

Определим коэффициент формы провара по формуле (2.27) из [3]:

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{B}{H} = \frac{17,4}{4,7} = 3,7. \quad (2.27)$$

Оптимальным интервалом значений коэффициента формы провара является

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$0,8 \leq \psi_{\text{ПР}} \leq 4$. Полученное значение входит в требуемый интервал.

Определим коэффициент формы валика по формуле (2.28) из [3]:

$$\psi_{\text{В}} = \frac{B}{C} = \frac{17,4}{2,2} = 7,9. \quad (2.28)$$

Оптимальным интервалом значений коэффициента формы валика является $7 \leq \psi_{\text{В}} \leq 10$. Полученное значение входит в требуемый интервал.

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (2.29) из [3]:

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_{\text{М}} - T_0)^2}{q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^{\circ}\text{С}}{\text{с}}, \quad (2.29)$$

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

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

$T_{\text{М}} = 500$ – температура наименьшей устойчивости аустенита, $^{\circ}\text{С}$;

$T_0 = 135$ – начальная температура изделия, $^{\circ}\text{С}$.

Безразмерный критерий процесса $\bar{\omega}$ зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле (2.30) из [3]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta)^2 c\gamma(T_{\text{М}} - T_0)} = \frac{2 \cdot 3397,7}{3,14 \cdot (1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 135)} = 4,7. \quad (2.30)$$

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

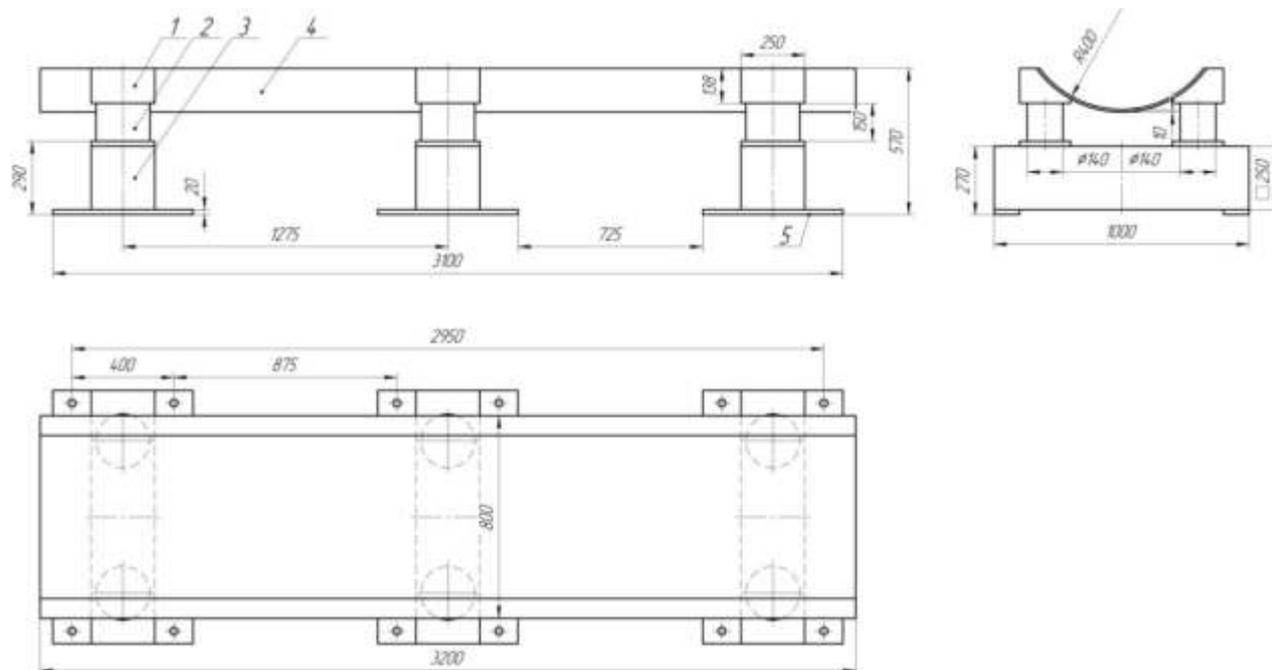
При значении безразмерного критерия 4,7 величина $\bar{\omega}$ определяется по формуле (2.26)

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 4,7} = 0,14.$$

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Данный ложемент предназначен для придания собираемому тройнику требуемого положения при сборке.

Для установки ответвления и центратора внутреннего предлагается применить опору гидравлическую, показанную на рисунке 2.10.



1 – упор удерживающий; 2 – шток гидроцилиндра; 3 – гидроцилиндр;
4 – ложемент; 5 – лапа

Рисунок 2.10 – Опора гидравлическая

Для сборки ответвления с горловиной тройника предлагается применить центратор внутренний гидравлический марки ЦВ-85 производства Кропоткинского машиностроительного завода.

Общий вид центратора показан на рисунке 2.11.

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.01.2020.496.00 ПЗ



Рисунок 2.11 – Общий вид центратора ЦВ-85 [12]

Центратор ЦВ-85 применяется для центрирования торцов собираемых трубных изделий при сборке поворотных и неповоротных стыков трубопроводов. Центратор оснащен электрогидравлическим приводом, питающимся от сети 380 В и предназначен для уменьшения овальности собираемых заготовок, а также придания правильной формы окружности стыка.

Технические характеристики центратора ЦВ-85 приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Технические характеристики центратора ЦВ-85 [12]

Характеристика	Значение
Диаметр труб, мм	720...820
Толщина стенки, мм	7...22
Число жимков в одном ряду, шт	12
Число центрирующих рядов, шт	2
Суммарное усилие, развиваемое одним центрирующим рядом, кН, не более	1000...1100
Габаритные размеры, мм:	
– длина	2520
– диаметр	720...820
Масса, кг	780

2.6.2 Описание конструкции сварочной установки

При автоматической сварке под слоем флюса на керамических подкладках для установки сварочной головки будем использовать сварочную колонну марки Esab CaB 300S. Общий вид колонны показан на рисунке 2.12.

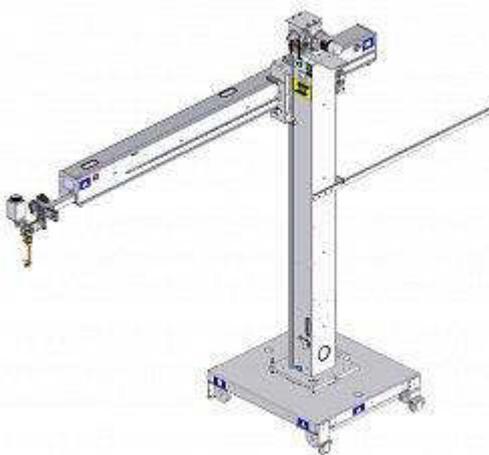


Рисунок 2.12 – Общий вид колонны Esab CaB 300S [13]

Колонна состоит из стойки, основания, консоли и подвесной сварочной головки. На основании колонны устанавливается источник питания и система рециркуляции флюса.

Технические характеристики колонны Esab CaB 300S приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Технические характеристики колонны Esab CaB 300S [13]

Характеристика	Значение
Эффективный рабочий диапазон, мм	3000
Общая высота колонны, мм	5170
Скорость подъема, мм/мин	700
Максимальная общая нагрузка на платформу сварочной колонны, кг	600
Длина вылета консоли, мм	540...3580
Допустимая нагрузка на консоль, кг	300
Скорость сварки, мм/мин	100...2000
Скорость перемещения, мм/мин	2000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2020.496.00 ПЗ

Лист

49

Вращение собранного тройника предлагается производить при помощи позиционера марки НВ-120, показанного на рисунке 2.13.



Рисунок 2.12 – Позиционер марки НВ-120 [14]

Расположение электродвигателя и общий вид поворотного стола позиционера НВ-120 показаны на рисунке 2.14.



Рисунок 2.14 – Расположение электродвигателя и общий вид поворотного
стола позиционера НВ-120

Технические характеристики позиционера НВ-120 представлены в таблице 2.12.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Таблица 2.12 – Технические характеристики позиционера НВ-120 [14]

Характеристика	Значение
Максимальная грузоподъемность, кг	12000
Скорость вращения, об/мин	0,02...0,5
Скорость реверсивного вращения, об/мин	0,37
Диаметр рабочего стола, мм	1800

В качестве источника питания при автоматической сварке под слоем флюса аппарат LAF 1250, показанный на рисунке 2.15.



Рисунок 2.15 – Аппарат LAF 1250 [15]

Технические характеристики аппарата LAF 1250 показаны в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Технические характеристики выпрямителя LAF 1250 [15]

Характеристика	Значение
Напряжение сети, В	400/415/500
Допустимая нагрузка, при 100% ПВ	1250 А/44 В
Диапазон регулирования тока, А/В, при:	
– сварке в защитных газах	60/17...1250/44
– сварке под слоем флюса	40/22...1250/44
Напряжение холостого хода, В	51
К.П.Д., %	0,87

Продолжение таблицы 2.13.

Коэффициент мощности, ед	0,92
Вес, кг	490
Габаритные размеры, мм	774×598×1228

Управление параметрами процесса при сварке осуществляется при помощи контроллера Esab PEK, показанного на рисунке 2.16.



Рисунок 2.16 – Общий вид контроллера Esab PEK

Непосредственно процесса сварки будем производиться при помощи сварочной головки Esab A6 S Compact. Общий вид головки Esab A6 S Compact показан на рисунке 2.17.

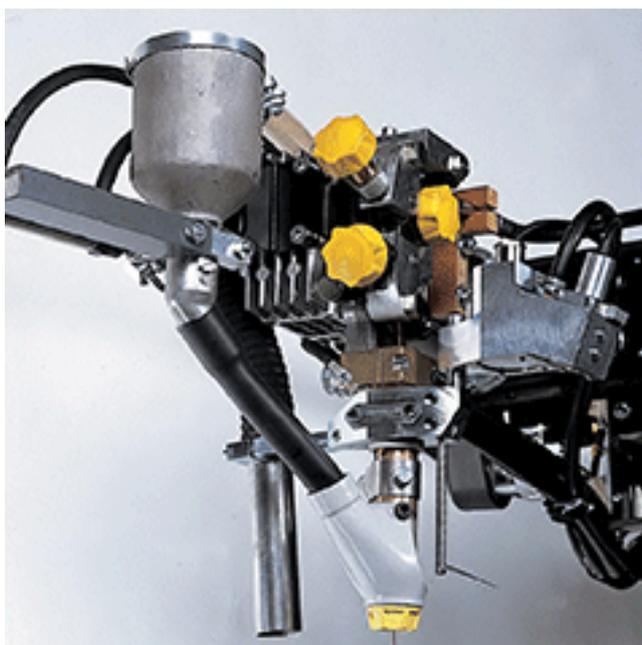


Рисунок 2.17 – Общий вид головки Esab A6 S Compact [16]

Технические характеристики сварочной головки Esab A6 S Compact

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

представлены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Технические характеристики сварочной головки Esab A6 S Compact [16]

Характеристика	Значение
Максимальный сварочный ток, А, при ПВ 100%	800
Диаметр проволоки, мм	2,5; 3; 4
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5...9

При автоматической сварке под слоем флюса предлагается применять керамические подкладки марки 1G62 производства фирмы ИТС. Общий вид керамической подкладки 1G62 показан на рисунке 2.18.

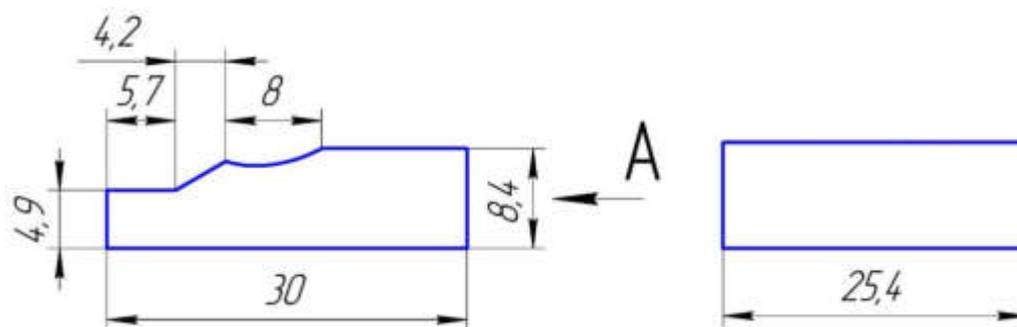


Рисунок 2.19 – Общий вид керамической подкладки 1G62 [17]

Подкладка состоит из блока, который изготавливается в рулонах длиной 12 м. Она предназначена для формирования обратного валика при сварке в V-образную разделку прямолинейных и кольцевых швов при значительных тепловых нагрузках способами сварки, которые образуют значительное количество шлака. Подкладка собирается на самоклеящейся алюминиевой фольге. Схема блока подкладок показана на рисунке 2.20.

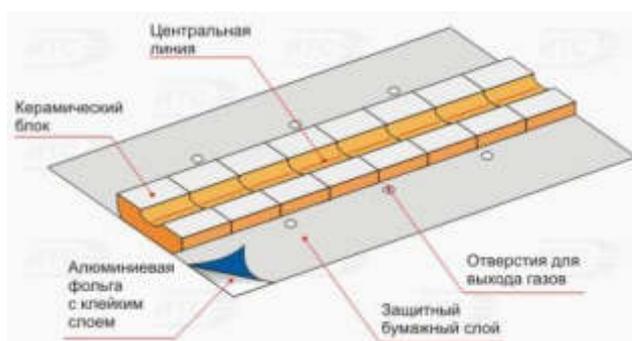


Рисунок 2.20 – Схема блока подкладок

Выводы по разделу 2:

В разделе 2 рассматривается технология изготовления тройника. Рассмотрено заготовительное оборудование. Описан порядок сборки и сварки. Выявлены недостатки технологического процесса сборки и сварки, которые предложено устранить применением комплекса мероприятий. Для указанного комплекса мероприятий разработан порядок сборки и сварки тройника. Для предлагаемого варианта подобран оптимальный способ сварки. Также были рассчитаны параметры режима сварки. Произведен подбор сварочного оборудования и оснастки.

3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

3.1 Способы и средства контроля качества

Главными методами контроля качества сварных швов отвода штамповарного являются:

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

ВИК является первичным методом контроля. Он применяется на всех операциях по изготовлению тройника:

- входной контроль труб и магистрали;
- контроль заготовок ответвления;
- контроль сборки;
- контроль сварки;
- контроль геометрии тройника и сварного кольцевого шва.

Требования к контролируемым параметрам указываются в документации на тройник. Методика контроля указывается в согласованных с главным инженером предприятия картах контроля, которые разрабатываются в соответствии с требованиями [18].

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

На операции входного контроля проверяется соответствие качества труб и магистрали тройника, а также применяемых сварочных материалов. Проверка труб и магистрали 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 металлографических свойств.

Флюс, применяемый при изготовлении тройника, проходит проверку соответствия данным, указанным в паспорте.

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

РК 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 таким геометрическим параметрам как длина и ширина.

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

УЗК 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,

										Лист
										55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ					

предназначенные как для контроля сварных соединений, так и для контроля основного металла.

3.2 Допустимые и недопустимые дефекты

По результатам проведения ВИК не допускаются следующие виды дефектов:

- несоответствие геометрических размеров сварного шва;
- незаваренные кратеры;
- прожоги;
- наплывы;
- свищи;
- усадочные раковины;
- подрезы глубиной более 0,5 мм.

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 шов подлежит вырезке и повторному выполнению.

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

При УЗК и РК 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

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

шлифовкой на глубину превышающую глубину залегания на 1...2 мм и последующей заваркой. Длина ремонтного участка не должна превышать 1/6 от общей длины шва. В ином случае, шов подлежит удалению с последующей сваркой.

3.3 Оборудование для контроля качества

При проведении ВИК тройника 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 ширины шва: штангенциркуль ЩЦ-1-125-0,1;
- для контроля высоты шва: цифровой измеритель WG-3 Digital;
- для контроля смещения кромок: шаблон УШС-3;
- для контроля зазоров при сборке: набор щупов №4;
- 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 УЗК применяется ультразвуковой дефектоскоп марки Dіo 1000, показанный на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Ультразвуковой дефектоскоп Dіo 1000 [19]

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

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

и координат их залегания, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов.

Характеристики ультразвукового дефектоскопа D10 1000 приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики ультразвукового дефектоскопа D10 1000 [19]

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 применяется рентгеновский аппарат марки РПД-160С, показанный на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Рентгеновский аппарат марки РПД-160С [20]

Характеристики рентгеновского аппарата РПД-160С приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики рентгеновского аппарата РПД-160С [20]

Характеристика	Значение
Размер фокусного пятна, мм	0,8×0,8
Максимальная мощность на аноде трубки, Вт	150
Минимальный анодный ток, мА	0,1
Максимальный анодный ток, мА	3
Потребляемая мощность, Вт	220
Рабочее напряжение питания, В	24
Сила тока, А	10
Напряжение в сети, В	220
Частота переменного тока, Гц	50
Вес рентгеновского блока, кг	4,9
Вес блока управления, кг	7
Вес аккумуляторного блока, кг	10
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+40
Моноблок (Высота×Ширина), мм	130×110

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 требованиям [20]. 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.

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

Контроль глубины поверхностных дефектов осуществляется глубиномером.

3.4.2 Ультразвуковой контроль

УЗК проводится в соответствии с требованиями [21].

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

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

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.

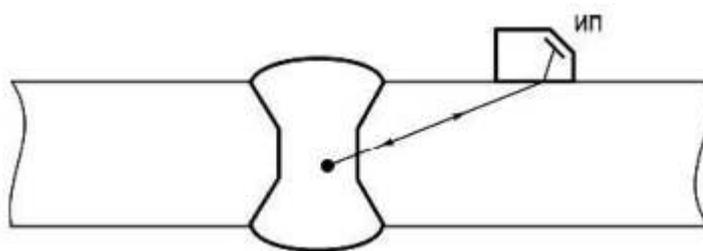


Рисунок 3.3 – Схема проведения эхо-импульсного метода

Метод основан на вводе ультразвуковой волны в металл и, при обнаружении дефектов, происходит отражение этой волны на датчик пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП).

Для проведения УЗК используются ПЭП с углом ввода 40° .

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

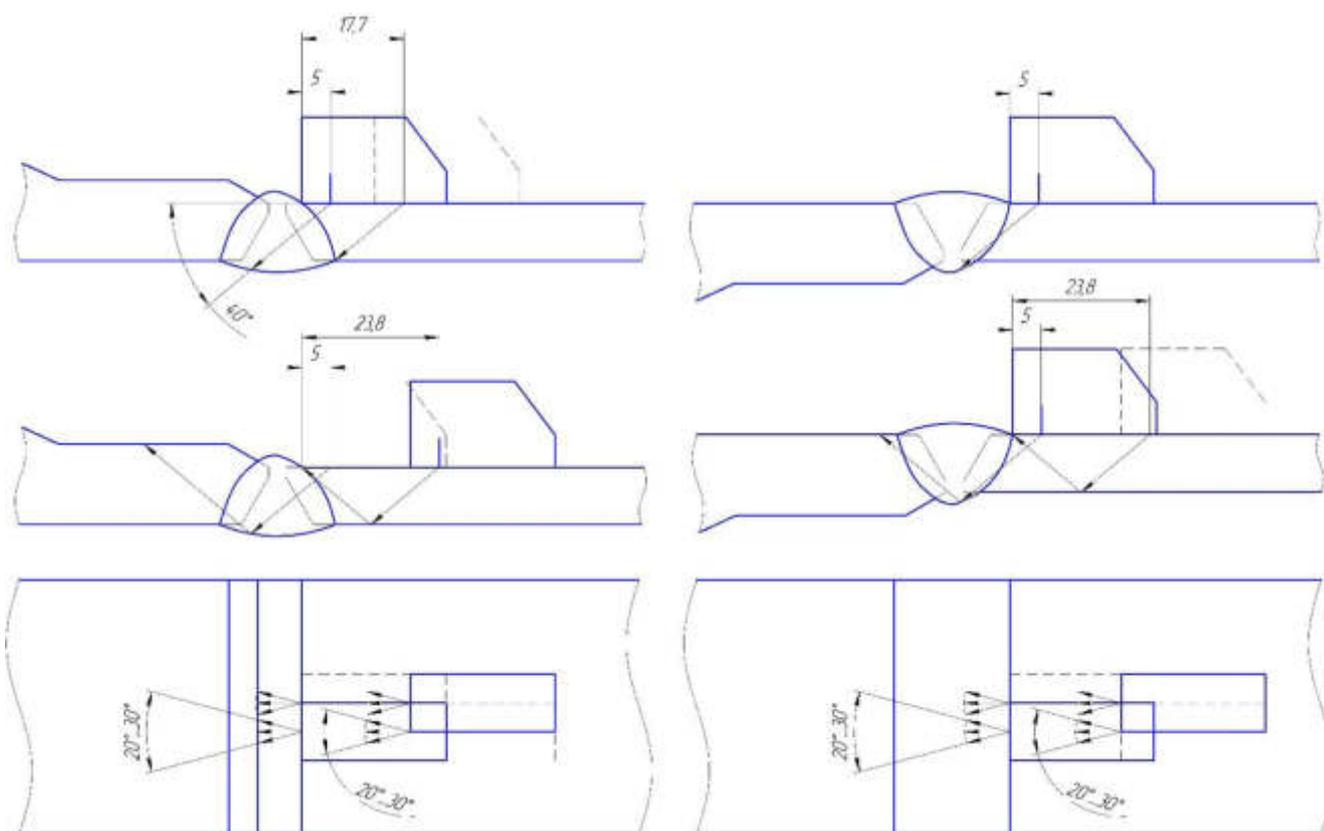


Рисунок 3.4 – Схема контроля с применением ПЭП с углом ввода 40°

3.4.3 Радиографический контроль

Контролируемый шов проверяется изнутри объекта контроля по всей длине. Схема контроля соответствует требованиям [22].

Перед проведением контроля на каждый проверяемый стык устанавливается кассета с 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 менее 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 длине стыка.

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

Схема РК контроля показана на рисунке 3.5.

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ					

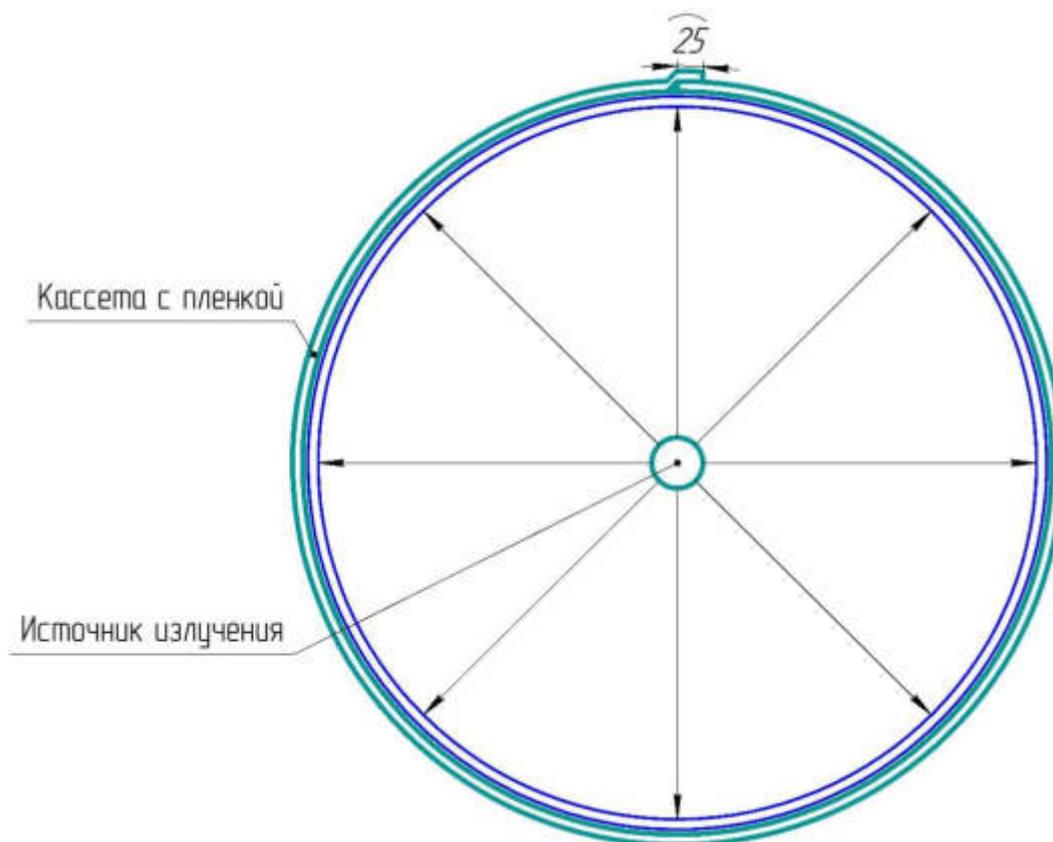


Рисунок 3.5 – Схема РК контроля

Выводы по разделу 3:

В разделе 3 рассматриваются методы и методика проведения контроля качества при изготовлении отвода. Описаны недопустимые дефекты, применяемое оборудование для контроля, а также порядок контроля.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При изготовлении Тройника используется автоматическая сварка под флюсом.

При сварке на исполнителей работ оказывают воздействие вредные и опасные производственные факторы.

Вредными производственными факторами являются:

- запыленность и загазованность окружающего воздуха в рабочей зоне;
- ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение дуги при сварке;
- инфракрасное излучение от сварочной ванны и от свариваемых изделий;
- электромагнитные поля;
- ионизирующие излучения;

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

– шум.

При сварке в зоне дыхания работников присутствуют сварочные аэрозоли, которые содержатся в составе твердой фазы окислов металлов. Также присутствуют другие химические соединения и токсичные газы. Воздействие на организм вредных веществ является основной причиной острых и хронических профессиональных заболеваний, а также отравлений.

Интенсивность излучения сварочной дуги зависит от следующих факторов:

- мощность дуги;
- применяемые сварочные и основные материалы;
- состав защитных и плазмообразующих газов.

При отсутствии защиты возможны поражения органов зрения, а также 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 прочее производственное оборудование.

Источниками возникновения ультразвука являются различные ультразвуковые генераторы, рабочие органы установок и т. д.

К опасным производственным факторам относятся:

- 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, которые подразделяются на следующие типы:

- изолирующие средства защиты;

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

- ограждающие средства защиты;
- заземление электрооборудования;
- вспомогательные средства защиты.

Средства защиты изолирующие подразделяются на:

- основные средства защиты;
- дополнительные средства защиты.

Основные средства защиты длительное время обеспечивают защиту от напряжения электрической установки, поэтому ими допускается касание токоведущих частей, которые находятся под напряжением. Основными изолирующими средствами являются:

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

Дополнительные средства защиты не могут защитить человека от поражения током из-за недостаточной электрической прочности. К таким средствам относят:

- обувь резиновую;
- коврики;
- подставки изолирующие.

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

Средства защиты ограждающие предназначены для временного ограждения токоведущих частей. К таким средствам относят:

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

Вспомогательные средства защиты предназначаются для защиты от воздействий световых, тепловых и механических. К таким средствам относят очки защитные, рукавицы и т.п.

Перед работой осматривается и проверяется надежность контакта и крепления заземляющих проводов с корпусами инверторных аппаратов, исправность пусковых

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

и отключающих устройств – рубильников, включателей, изоляцию токоведущих проводников, наличие необходимого исправного инструмента, стеллажей, а также освещенность.

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

Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещающимися деталями, должна быть не менее 1,5 м, а расстояние между автоматическими сварочными установками – не менее 2 м.

Сечение питающих проводов должно строго соответствовать силе тока в сварочной цепи. Провода от чрезмерного превышения тока защищают предохранителями с плавкими ставками. Необходимо следить за их исправностью и не допускать применения самодельных вставок. Предохранители с такими вставками не защищают установку, а могут быть причиной аварии, повреждения изоляции сварочного кабеля и пожара.

Все металлические части оборудования, питающиеся от электрической сети,

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

При сварке тяжелых (более 20 кг) и громоздких изделий рабочее место сварщика оборудуется 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.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

4.2 Техника безопасности при сварочных работах

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 320 мкм и инфракрасные лучи 150...700 мм, 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.

В процессе эксплуатации напряжение холостого хода источника питания не должен превышать 100 В (для источника постоянного тока). Источники питания должны быть оборудованы вольтметром и сигнальной лампочкой, указывающими

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

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

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.

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. 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 фильтрующие респираторы «Снежок».

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

4.4 Пожарная безопасность

При сварочных работах источниками пожара являются:

- сварочная дуга;
- пламя газовой сварки и резки;
- искры и частицы расплавленного металла;
- повышенная температура изделий, подвергающихся сварке и резке.

Могут воспламенятся горючие материалы, находящиеся вблизи мест производства сварочных работ, а также происходит взрывы при неправильном обращении баллонов для сжатых газов, ремонте (с применением сварки) тары, используемой для хранения горючих жидкостей и сосудов, находящихся под давлением.

В соответствии с НПБ все производство делят по пожарной, взрывной и 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.

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ					

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

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

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 установках 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.

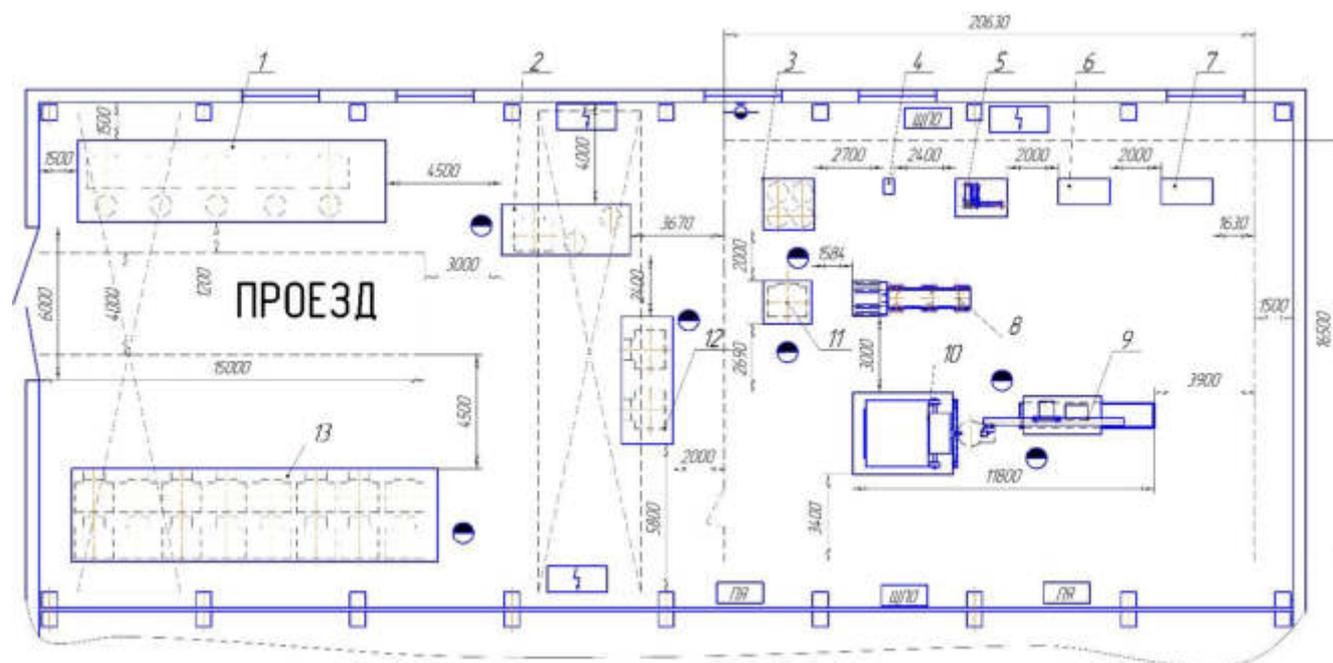
Использовать инвентарь пожаротушения для других целей запрещается.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

4.5 Планировка оборудования и рабочих мест участка

На рисунке 4.1 показана планировка существующего цеха с изображением на ней расположения оборудования и рабочих мест.

Планировка показана с учетом предлагаемого варианта технологического процесса изготовления тройника. Описание технологической цепочки в соответствии с рисунком 4.1.



- 1 – Склад заготовок; 2 – Площадка входного контроля;
3 – Площадка хранения заготовок; 4 – Источник питания ВД-506ДК;
5 – Центратор внутренний ЦВ-85; 6 – Шкаф хранения инструмента;
7 – Стол слесарный; 8 – Ложемент для сборки; 9 – Колонна сварочная;
10 – Позиционер; 11 – Площадка хранения заготовок; 12 – Участок слесарной обработки и контроля качества; 13 – Участок отгрузки готовой продукции

Рисунок 4.1 – Планировка оборудования и рабочих мест

Порядок изготовления тройника на участке описывается в соответствии с рисунком 4.1.

Заготовки поступают на производство и складируются на складе заготовок (поз. 1). Здесь проводится входной контроль по документам.

Далее заготовки транспортируются краном на площадку входного контроля

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

(поз. 2). Принятые по результатам контроля заготовки транспортируются на площадку хранения заготовок (поз. 3).

Сборка проводится на ложементе для сборки (поз. 8). Фиксирование сборки осуществляется источником питания ВД-506ДК (поз. 4). Сборка проводится при помощи центратора внутреннего ЦВ-85 (поз. 5). Инструмент хранится в шкафу хранения инструмента (поз. 6). Для проведения текущих операций применяется стол слесарный (поз. 7).

После сборки узел тройника устанавливается на планшайбу позиционера (поз. 10). Далее проводится сварка кольцевого шва. Сварка проводится сварочной головкой, закрепленной на колонне (поз. 9). Сваренные заготовки складывают на площадке хранения заготовок (поз. 11). После этого тройник транспортируют на участок слесарной обработки и контроля качества (поз. 12).

Принятые тройники транспортируются на участок отгрузки готовой продукции (поз. 13).

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.

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2020.496.00 ПЗ					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматривается усовершенствование технологии сборки и сварки переходного тройника 1020 на 720 в условиях ООО Челябинский завод комплектации трубопроводов.

В конструкторском разделе произведен анализ конструкции тройника, описаны элементы, составляющие его конструкцию. Описаны применяемые марки стали (12Г2СБ и 17Г1С). Определено, что присутствует необходимость проведения подогрева перед сваркой. Рассмотрен применяемый вид и тип сварного кольцевого шва. Описаны действующие нагрузки на тройник.

В технологическом разделе проанализирована базовая технология сборки и сварки тройника. Рассмотрен порядок сборки и сварки тройника, режимы сварки и контроль качества. При рассмотрении технологии выявлены недостатки, которые предложено устранить применением следующих мероприятий: применение при сварке керамических подкладок, что позволяет устранить сварку подварочного шва изнутри тройника ручной сваркой покрытыми электродами.

В разделе контроля качества описаны методы контроля, применяемые при изготовлении тройника, принцип их работы, применяемое оборудование для контроля, а также методика проведения контроля.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены опасные и вредные производственные факторы. Описана техника проведения безопасных работ, а также рассмотрена планировка участка.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 19281-2014 «Прокат повышенной прочности. Общие технические условия». – М.: Стандартиформ, 2015. – 45 с.
2. ГОСТ 19903-2015 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент». – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
3. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
4. <https://weldelec.com/kobelco/>.
5. <https://www.esab.ru/ru/ru/products/filler-metals/covered-stick-electrodes-smaw/mild-steel-electrodes/uonii-13-55.cfm>.
6. http://www.npfets.ru/catalog/ets/svarka_v_zashitnom_gaze/vupryamiteli/vd_506_dk.
7. ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия». – М.: ИПК издательство стандартов, 2003. – 18 с.
8. <https://taina-svarki.ru/svarivaemost/otsenka-svarivaemosti-staley-formula-uglerodnogo-ekvivalenta.php>.
9. ГОСТ 9087-81 «Флюсы сварочные плавные. Технические условия». – М.: ИПК издательство стандартов, 2019. – 10 с.
10. 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.
11. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
12. <https://kremz.ru/centratcv>.
13. <https://sts-weld.ru/catalog/item/column-cab-300-600>.
14. https://www.tweld.ru/catalog/mekhanizatsiya_svarki/universalnye_svarochnye_vrashchateli/576/.
15. <https://sts-weld.ru/catalog/item/saw-laf-631-1601>.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

16. <https://www.esab.ru/ru/products/welding-automation-robotics/submerged-arc-welding-saw/welding-heads-torches/a6s-compact-welding-heads-for-internal-welding.cfm>.

17. http://www.npfets.ru/catalog/all_manuf/keramicheskie_podkladki_dlya_svarki.

18. Инструкция по визуальному и измерительному контролю (РД 03-606-03). Серия 03. Выпуск 39 / Колл. авт. – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004.

19. <https://starmans-ndt.ru/defektoskopi/dio-1000-pa.html>.

20. ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля»

21. ГОСТ Р 55724-2013 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые». – М.: Стандартинформ, 2014.– 24 с.

22. ГОСТ 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод». М.: ИПК издательство стандартов, 1998. – 18 с.

23. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

24. 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.

					15.03.01.2020.496.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75