

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

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

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ М.А. Иванов

« ____ » _____ 2018 г.

Сборка и сварка штампосварного тройника 1020x720 мм

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.03.01.2018. . ПЗ ВКР**

Руководитель работы

Подпись

И.О., Фамилия

« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы

студент группы П-440

Приданников Данила Александрович

« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролёр

преподаватель

_____ Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1 Описание сварной конструкции	7
1.2 Описание применяемых материалов	8
1.3 Существующий процесс изготовления узла	12
1.4 Несовершенство базового технологического процесса	23
1.5 Цели квалификационной работы	24
1.6 Сравнение способов сварки	24
1.7 Описание предлагаемой технологии	25
1.8 Описание сварочных материалов	26
1.9 Расчет режимов сварки	28
1.10 Выбор оборудования для сварки	40
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	43
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	49
4 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ	55
4.1 Расчет фондов рабочего времени	55
4.2 Расчет норм штучного времени	57
4.3 Организация производства	61
4.4 Расчет расхода материалов	63
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	66
5.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов	66
5.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	70

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

В России существуют крупнейшие, мировые организаций, которые занимаются добычей газа и нефти, такие как "Газпром" и "Роснефть"

Для международного импорта и экспорта в данной сфере используют нефте- и газопроводы, составляющие которых должны обладать высокой производительностью. К качеству сварных соединений также применяют высокие требования

На заводах, изготавливающих детали для транспортировки топлива, таких как трубы, отвод, тройники применяют в основном ручную дуговую сварку штучными электродами, либо механизированная дуговая в среде защитных газов

В рассматриваемом технологическом процессе, в базовом варианте применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Предлагается усовершенствовать процесс путем замены на автоматическую сварку под слоем флюса на керамических подкладках. При изготовлении тройников магистральных нефтепроводов с классом прочности К56 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 сварки кольцевого стыка тройника 1020×720 класса прочности К56 путем замены ручного способа сварки на автоматическую под слоем флюса с применением керамических подкладок.

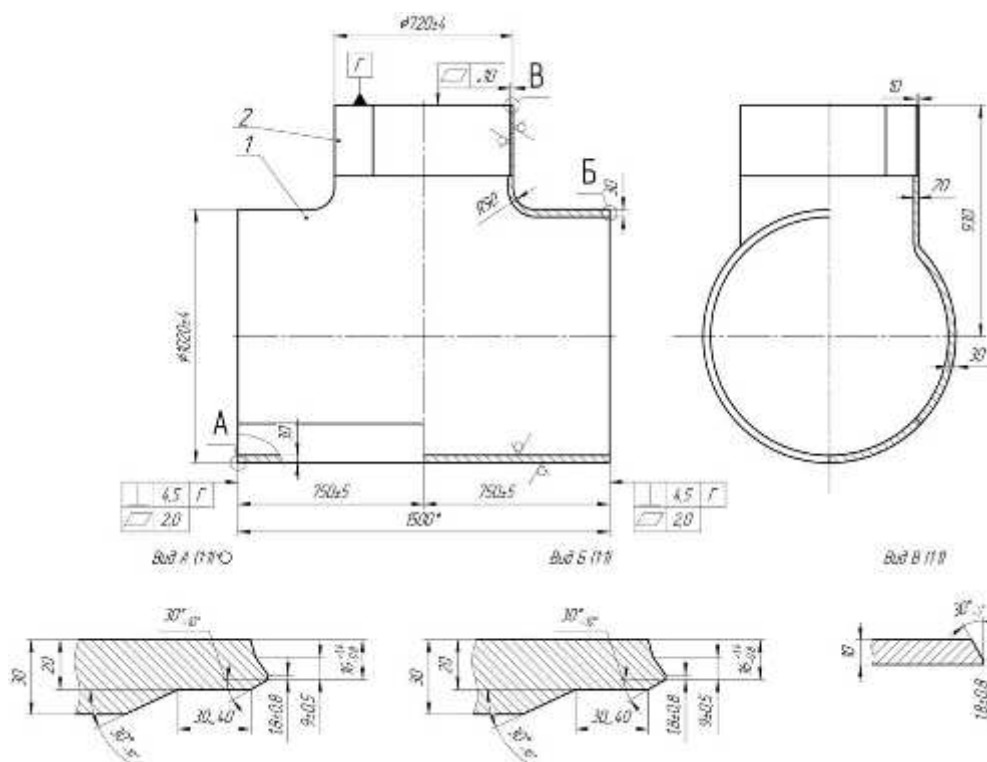
					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание сварной конструкции

Тройник - соединительная деталь, которая предназначена для распределения технологических потоков по трубопроводам. Он представляет собой цельносварную конструкцию, состоящую из основной магистрали и ответвления. Магистраль изготавливается из сварной одношовной трубы класса прочности К56 размера 1020×30 мм. Катушка ответвления изготавливается из сварной одношовной трубы класса прочности К52 размером 720×10 мм.

На рисунке 1.1 представлен общий вид тройника



1 – Магистраль; 2 – Катушка

Рисунок 1.1 – Общий вид тройника

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

К данной конструкции предъявляют высокие требования по качеству изготовления, по причине того, что он эксплуатируется в трудных условиях при воздействии давления от перекачиваемой среды, истирания и напряжения самого трубопровода

1.2 Описание применяемых материалов

Магистраль тройника изготавливается из низкоуглеродистой низколегированной стали, класса прочности К56, марки 12Г2СБ. Предоставленная сталь используется для изготовления узлов трубопроводов и имеет хорошую свариваемость. Химический состав стали 12Г2СБ представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 12Г2СБ (ГОСТ 19281-2014)

В процентах

Химический элемент	С	Si	Mn	V	S	P	Nb	Ti
				Не более				
Количество	0,1– 0,14	0,25– 0,5	1,4–1,75	0,08	0,02	0,025	0,04 – 0,07	0,005 – 0,02

Механические свойства стали 12Г2СБ представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 12Г2СБ

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

Для стали 12Г2СБ данные механические свойства достигаются с применением при изготовлении контролируемой прокатки или использования дополнительной термообработки

Свариваемость стали 12Г2СБ находится по формуле (1) из ГОСТ 19281-2014:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \sum(\text{V} + \text{Ti} + \text{Nb})}{5} + \frac{\text{Cu} + \text{Ni}}{15} \quad (1)$$

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

Определим значение $C_{\text{Э}}$, путем подставления максимальных значений содержания химических элементов для стали 12Г2СБ, отмеченные в таблице 1.1, в формулу (1)

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

Полученное из расчета значение эквивалента углерода превышает максимальное допустимое ($C_{\text{Э MAX}} = 0,43\%$), при котором допускается не использовать предварительный подогрев на 0,04%. Отсюда следует, что при сварке необходим предварительный подогрев.

Рассчитаем температуру предварительного подогрева по формуле (2)

$$T_0 = 350 \cdot (|C|_{\text{Э}} - 0,25)^{0,5}, \quad (2)$$

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

Найдем полный эквивалент углерода $|C|_{\text{Э}}$ по формуле (3)

$$|C|_{\text{Э}} = |C|_{\text{X}} + |C|_{\text{P}}, \quad (3)$$

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

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

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Найдем химический эквивалент углерода $|C|_X$ по формуле (4)

$$|C|_X = C + \frac{Mn+Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90}, \quad (4)$$

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

Определим химический эквивалент углерода $|C|_X$, подставив необходимые значения содержания химических элементов в формулу (4)

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

Найдем размерный эквивалент углерода $|C|_P$ по формуле (5)

$$|C|_P = 0,005S|C|_X, \quad (5)$$

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

Тогда, по формуле (5) получим, что

$$|C|_P = 0,005 \cdot 30 \cdot 0,34 = 0,051 \%$$

Определим полный эквивалент углерода $|C|_Э$, подставив полученные значения $|C|_X$ и $|C|_P$ в формулу (3)

$$|C|_Э = 0,34 + 0,051 = 0,391, \%$$

Найдем температуру предварительного подогрева T_0

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

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Минимальную температуру предварительного подогрева принимаем равную 135°С.

Для материала катушек используется низкоуглеродистая низколегированная сталь марки 17Г1С, класса прочности К52. Эта сталь используется для изготовления узлов трубопроводов и обладает хорошей свариваемостью.

Для стали 17Г1С химический состав указан в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Химический состав стали 17Г1С (ГОСТ 19281-2014)

В процентах

С	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

Для стали 17Г1С механические свойства указаны в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Механические свойства стали 17Г1С

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

Найдем свариваемость стали 17Г1С находится по формуле (1)

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

Полученное из расчета значение эквивалента углерода превышает максимально допустимое ($C_{Э \text{ MAX}} = 0,43\%$), при котором допускается не использовать предварительный подогрев на 0,05%. Отсюда следует, что при сварке необ-

ходим предварительный подогрев.

Определим химический эквивалент углерода $|C|_X$, путем подставления необходимых значений содержания химических элементов в формулу (4)

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

Размерный эквивалент углерода $|C|_P$ находится по формуле (5) при условии, что $S=10$ мм.

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

Определим полный эквивалент углерода $|C|_O$, подставим полученные значения $|C|_X$ и $|C|_P$ в формулу (3)

$$|C|_O = 0,37 + 0,019 = 0,389 \%$$

Определим температуру предварительного подогрева T_0 , по формуле (2)

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

Минимальную температуру предварительного подогрева принимаем равную 135 °С.

1.3 Существующий процесс изготовления узла

Первым делом, как правило, каждый технологический процесс проходит входной контроль, согласно внутренним нормативным документам завода. В этот процесс входит проверка сертификатных данных на трубу, в наличии которых должен быть указан завод-изготовитель трубы, номер партии сварных соединений, номер плавки основного металла, типоразмер и номер поставляемой трубы, а

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

также сведения о механических свойствах, информация о химическом состав, данные о проведении контроля ультразвуком и, конечно же отметка ОТК о приемке

Далее выполняется визуальный осмотр поверхностей на предмет дефектов металла, которые выводят толщину стенки за пределы допуска, а также производится контроль геометрических параметров труб

После труба отправляется на резку для получения требуемой геометрии деталей

По завершении всех заготовительных операций, выполняется контроль качества заготовок. На рисунках 1.2 и 1.3 представлен общий вид магистрали и катушки тройника по окончании заготовительных операций

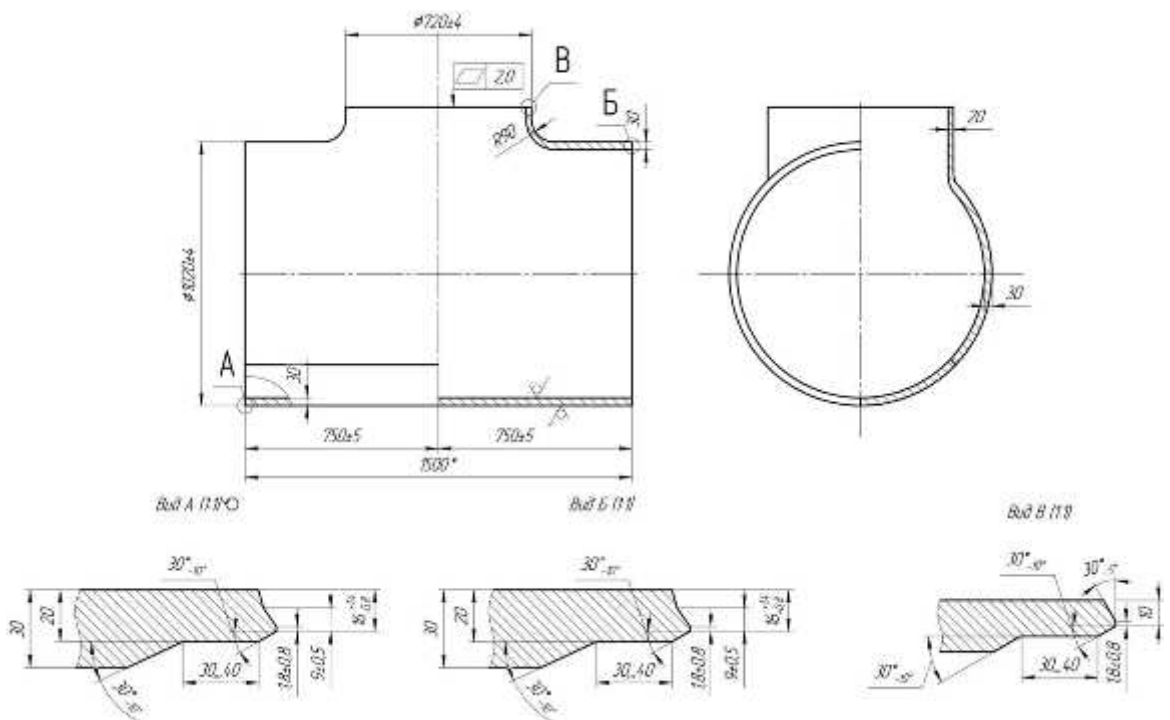


Рисунок 1.2 – Общий вид магистрали после заготовительных операций

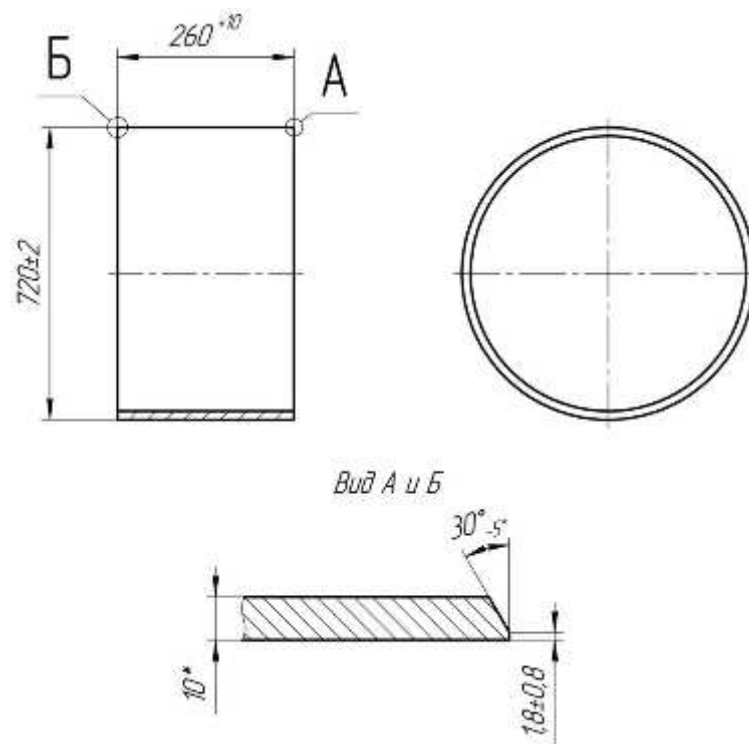


Рисунок 1.3 – Общий вид катушки после завершения заготовительных операций

В случае, если на плоскости магистрали или катушки тройника присутствуют недопустимые дефекты, то их поправляют зачисткой .

При обнаружении несоответствий геометрических параметров требованиям НТД, их фиксируют в журнале входного контроля. Если изделие непоправимо, то на него составляют специальный сопроводительный документ, а саму заготовку отправляют в брак

После проведения всех операции на входном контроле и контроле заготовки осуществляется подготовка к сборки и сварки. На данной операции выполняется контроль кромок, зачистка около шовной зоны от окалины и следов ржавчины до чистого металла. Проводят вторичный осмотр на присутствие дефектов поверхности. При обнаружении выполняют поправку. На этом подготовка к сборке заканчивается

Сборка выполняется при помощи наружного центратора. Его используют для более точного выставления требуемого зазора при сварке и устранения смещения кромок.

При сборке относительное смещение не должно превышать значения 2 мм, а величина зазора в стыке должна находиться в пределах 2...3 мм.

Далее производят установку прихваток.

При их установки должны соблюдаться следующие требования:

- минимум 4 шт
- длинна прихватки в пределах 150..200 мм
- равномерное расположение по периметру стыка

Сварку прихваток производят электродами марки LB-52U диаметром 2,5 мм. В таблице 1.5 указан химический состав металла, наплавленного данной маркой электродов

Таблица 1.5 – Химический состав металла, наплавленного электродами LB-52U

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 представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Режимы сварки прихваток

Положение в пространстве	d _э , мм	I _{св} , А
Нижнее	2,5	80...90
Потолочное		70...80
Вертикальное		70...90

Расположение прихваток должно быть не менее, чем 100 мм от заводского продольного шва катушки. Сварку производят два сварщика одновременно.

На рисунке 1.4 представлены геометрические параметры стыка, собранного под сварку

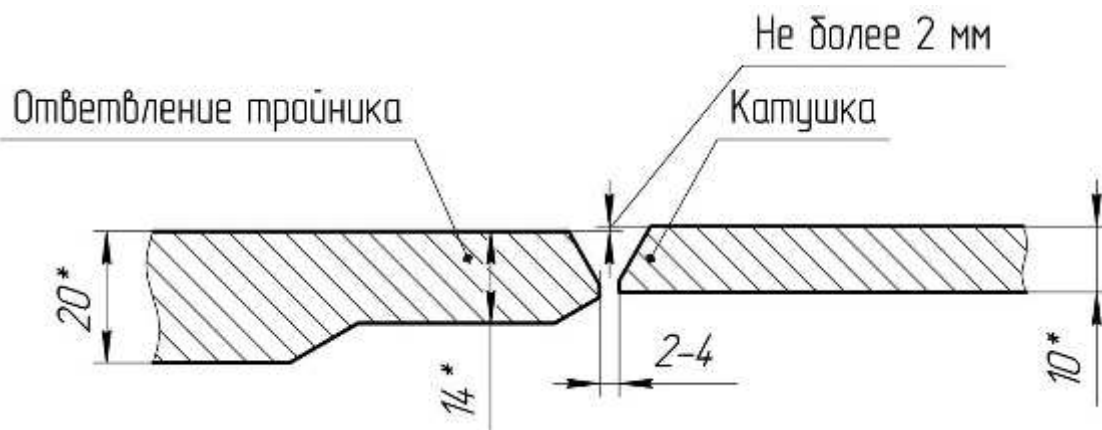


Рисунок 1.4 – Геометрические параметры стыка, собранного под сварку

По окончании сварки выполняется осмотр прихваток на предмет отсутствия трещин, кратеров, несплавлений. При выявлении пор, трещин прихватка удаляется и устанавливается заново. Концевые участки прихваток зачищаются шлифовальной машинкой.

После того, как прихватки установили, пропановой горелкой выполняют предварительный подогрев (150 мм в обе стороны от стыка).

Исходя из расчетов, стык нужно прогреть до температуры не менее 135°C. Контроль осуществляют пирометром, не менее чем в 4 точках, которые находятся равномерно по периметру стыка на расстоянии 50...70 мм от стыка в обе стороны.

Далее начинается процесс ручной дуговой сварки штучными электродами. В общем случае, сварной шов состоит из корневого, подварочного, заполняющего и облицовочного слоя, каждый из которых осуществляется за один проход

Корневого слой варят методом «на подъем», другими словами точка зажигания дуги находится ниже точки окончания ее горения. Аналогично варят заполняющий и облицовочный слой.

Подварочный слой варят способом «на подъем» в месте, расположенном выше нижней трети периметра. При сварке в нижней трети используется способ «на спуск», другими словами, точка зажигания дуги располагается выше точки ее обрыва.

Всех слои сварного шва выполняется на постоянном токе обратной полярности.

Сварка корневого прохода осуществляется электродами LB-52U диаметром 2,5 мм, химический состав которых указан в таблице 1.5.

Подварочный, заполняющий и облицовочный проходы варятся электродами марки УОНИ 13/55 диаметром 4 мм производства фирмы Esab

В таблице 1.7 указан химический состав металла, наплавленного электродами УОНИ 13/55, а в таблице 1.8 приведены механические свойства, металла наплавленного этими электродами

Таблица 1.7 – Химический состав, наплавленного электродами УОНИ 13/55

В процентах

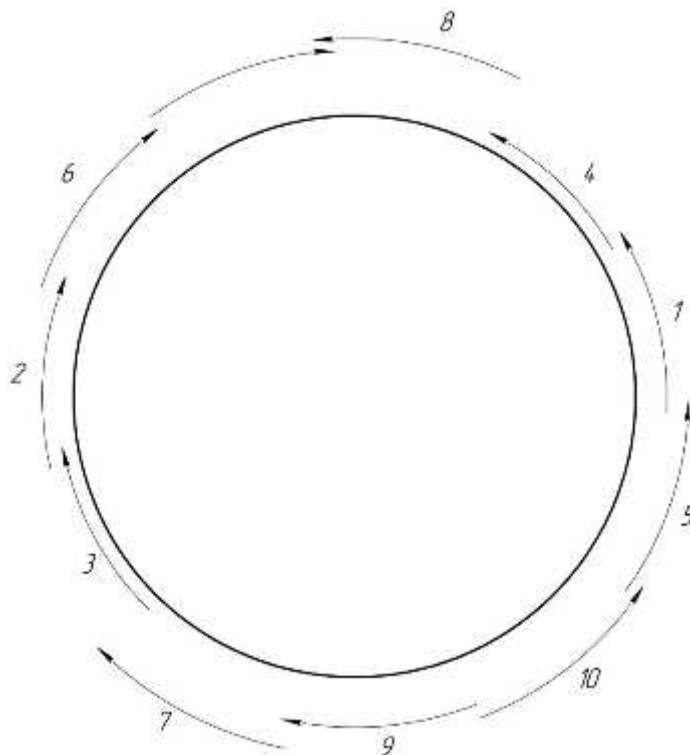
Химический элемент	C	Si	Mn	S	P
Количество	Не более 0,11	0,3	0,95	Не более 0,03	

Таблица 1.8 – Механические свойства металла, наплавленного электродами УОНИ 13/55

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

Корневой слой варится одновременно двумя сварщиками. Зажигание дуги осуществляется в двух диаметрально противоположных точках. Длина проваренного участка составляет 200...250 мм. По окончании сварки каждого участка осуществляется осмотр и зачистка мест начала и окончания сварки. Замковый шов должен располагаться на расстоянии не менее 30 мм от продольного сварного шва катушки. Замковый шов по окончании сварки зачищается до уровня основного шва.

На рисунке 1.5 изображен порядок сварки корневого слоя



1...11 – Порядковый номер свариваемых участков

Рисунок 1.5 – Порядок сварки корневого слоя

После того, как сварка корневого слоя завершена ,выполняется осмотр . При обнаружении дефектов осуществляется ремонт.

В таблице 1.9 указаны режимы сварки корневого слоя шва

Таблица 1.9 – Режимы сварки корневого слоя

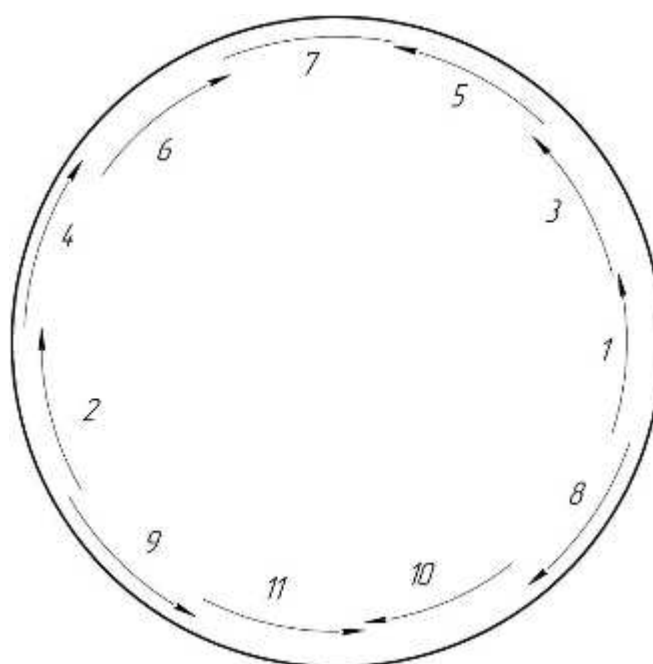
Параметр	Положение при сварке		
	Нижнее	Вертикальное	Потолочное
Сила сварочного тока, А	80...90	70...90	70...80
Напряжение на дуге, В	21,6...21,8	21,4...21,8	21,4...21,6
Скорость сварки, см/с	0,3	0,2	0,2

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 варится после сварки корневого слоя.

На рисунке 1.6 представлен порядок сварки подварочного шва



1...11 – Порядковый номер свариваемых участков

Рисунок 1.6 – Порядок сварки подварочного слоя

После того, как сварка подварочного слоя завершена, выполняется осмотр .
При обнаружении дефектов осуществляется ремонт.

В таблице 1.10 указаны режимы сварки подварочного слоя

Таблица 1.10 – 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

По окончании сварки подварочного слоя выполняется сварка заполняющих слоев. Заполняющие слои варятся электродами марки УОНИ 13/55 диаметром 4 мм, химический состав и механические свойства указаны в таблицах 1.7 и 1.8. Последовательность сварки заполняющих слоев соответствует порядку сварки корневого слоя и представлен на рисунке 1.5. Параметры режима сварки заполняющих слоев соответствуют требуемым в таблице 1.10.

По окончании сварки каждого заполняющего слоя выполняется осмотр и устранение дефектов. Межслойная температура должна быть в диапазоне 50...250 °С. Сварщик с помощью бесконтактного пирометра контролирует весь процесс. Если температура стыка ниже 50 °С осуществляется сопутствующий подогрев.

После того, как сварка заполняющих слоев окончена, выполняется зачистка зоны сварки. После начинается сварка облицовочного слоя. Его варят электродами марки УОНИ 13/55 диаметром 4 мм, химический состав и механические свойства которых указаны в таблицах 1.7 и 1.8. Порядок сварки облицовочного слоя представлен на рисунке 1.5. Параметры режима сварки заполняющих слоев соответствуют указанным в таблице 1.10.

На рисунке 1.7 представлен общий вид сварного шва

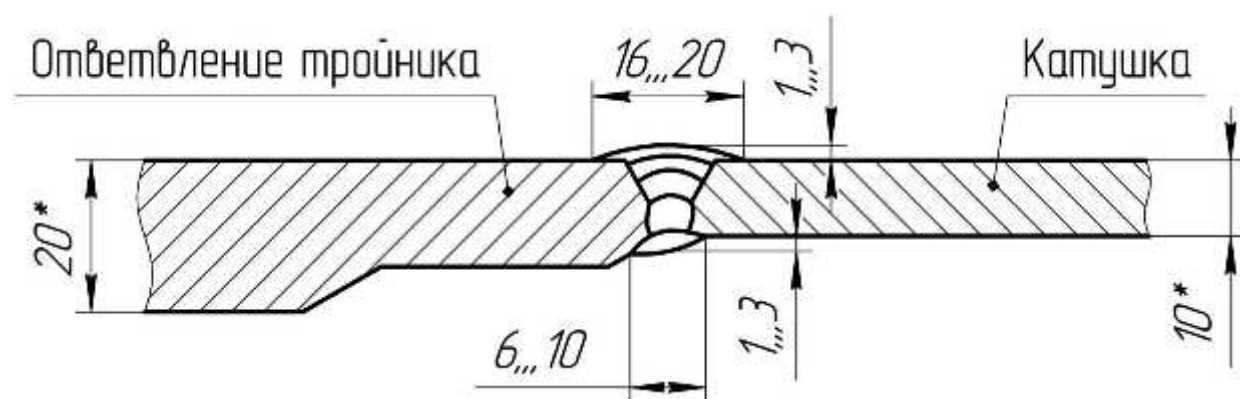


Рисунок 1.7 – Общий вид сварного шва

Общие требования к сварке:

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

– 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, помимо подварочного, осуществляется двумя сварщиками;

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

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

– при сварке шва выполняется 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 катушки %

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

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

– место обрыва дуги при сварке смежных проходов смещается относительно 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, исключающие образование искр на основном металле магистрали тройника и катушки в процессе сварки. Токоподвод должен осуществляться в разделку кромок.

По окончании сварки выполняется зачистка сварного шва и около шовной зоны на расстоянии 50 мм и больше в обе стороны от шва для контроля качества. Контроль качества для стыка осуществляется визуально измерительным, ультразвуковым, радиографическим, цветным методом.

При сварке используют в качестве источника питания выпрямитель марки ВД-506ДК. На рисунке 1.8 показан его общий вид



Рисунок 1.8 – Общий вид выпрямителя ВД-506ДК

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2018.142.00 ПЗ				

Технические характеристики выпрямителя ВД-506ДК указаны в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Технические характеристики выпрямителя ВД-506ДК

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
Габариты, мм	615×400×670
Вес, кг	160

1.4 Несовершенство базового технологического процесса

Технология , которая была рассмотрена в предыдущих пунктах , является мало эффективной по следующим причинам:

- 1) низкий коэффициент полезного действия (50-80%);
- 2) вредные условия труда
- 3) неудобство при ведении процесса сварки
- 4) качество сварного шва зависит от личных навыков сварщика;

1.5 Цели квалификационной работы

Влияния негативных факторов на качество сварного шва приварки катушки к магистрали возможно уменьшить ,если :

- ручную дуговую сварку штучными электродами заменить на автоматическую сварку под слоем флюса с применением керамических подкладок
- поменять сварочные материалы ,поменять параметры режима сварки;
- поставить внутренний центратор , вместо наружного , это способствует более качественному , а также быстрому процессу сборки

1.6 Сравнение способов сварки

Заменить ручную дуговую сварку штучными электродами , можно либо автоматической сваркой под слоем флюса , либо сваркой в среде защитных газов

Если сравнивать между собой два предложенных варианта , то в первом(под слоем флюса) отмечается стабильное качество сварного шва, а также малый расход электроэнергии и электродной проволоки и, конечно же большая производительность , которая возрастает благодаря применению более высоких значений сварочного тока ,это возможно из-за образования в закристаллизовавшегося в зоне сварки флюса , который и защищает сварочную ванну , плюс еще нет необходимости зачищать поверхность свариваемых деталей от расплавленного металла

Недостатки этого метода в следующем:

- только в нижнем положении осуществляется стабильность данного процесса
- требуется высокая точность при сборке деталей
- выгодный диапазон толщин свариваемых материалов должен превышать 6 мм

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

При втором варианте (сварка в среде защитных газов) по сравнению со сваркой под слоем флюса отмечается малая производительность, но из-за автоматизации процесса она остается на порядок выше, чем у ручной дуговой.

Достоинства сварки в среде защитных газов заключаются в том, что она обладает высокой производительностью, возможностью выполнять процесс в разных пространственных положениях, а также в простоте использования сварочного оборудования.

Рассмотрев два предложенных варианта замены ручной дуговой сварки, делаю вывод, что автоматическая сварка под слоем флюса в большей степени соответствует технологическому процессу, по причине того, что керамические подкладки позволяют получить более высокую производительность, не теряя требуемого качества сварного шва.

1.7 Описание предлагаемой технологии

В базовом варианте изготовления тройника применяется метод ручной дуговой сварки штучными электродами. Этому процессу присущи несовершенства, по этой причине, предлагается заменить ручную дуговую сварку на автоматическую под слоем флюса на керамических подкладках.

Технология заготовительного производства не рассматривается.

При сборке должны осуществляться требования, те что и при применении базового варианта технологии изготовления. А именно, относительное смещение кромок не должно превышать 2 мм; величина зазора должна быть в пределах от 2 до 4 мм; количество прихваток не менее 4 шт, каждая из которых должна быть длиной в пределах от 150 до 200 мм, равномерное расположение по периметру стыка.

С помощью внутреннего центриатора осуществляется.

После установки прихваток с внутренней стороны стыка производится установка керамических подкладок. При помощи алюминиевого скотча осуществляется их фиксация.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

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

Для осуществления процесса сварки под слоем флюса предлагается внедрить сварочную колонну с установленной на ней сварочной головкой.

Начинается процесс сварки в разделке кромок. Оператор сварочной установки обязан следить за сварным швом, при необходимости корректируя режимы сварки и положение проволоки над стыком.

После завершения сварки, тройник отправляется на термообработку для снятия остаточных напряжений (высокий отпуск).

В конце процесса осуществляется контроль качества.

1.8 Описание сварочных материалов

При автоматической сварки под слоем флюса предлагается использовать сварочную проволоку марки Св-10НМА диаметром 4 мм(ГОСТ 2246-70).

В таблице 1.12 указан химический состав проволоки Св-10НМА

Таблица 1.12 – Химический состав проволоки Св-10НМА

В процентах

Химический элемент	C	Si	Mn	Ni	Mo	Cr	S	P
	0,07 – 0,12			0,12 – 0,35		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 (6) из [3]

$$HCS = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + 0,01Ni \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}, \quad (6)$$

где C, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – массовые доли химических элементов в сварочной проволоке, %.

Следовательно, по формуле (6)

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

Сварное соединение не склонно к образованию горячих трещин, так как $3,54 < 4$.

В качестве защиты сварочной ванны будем использовать флюс марки Ан-43 (ГОСТ 9087-81).

В таблице 1.13 указан химический состав флюса Ан-43

Таблица 1.13 – Химический состав флюса Ан-43

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	

1.9 Расчет режимов сварки

На рисунке 1.9 представлен общий вид сварного шва приварки катушки к магистрали тройника

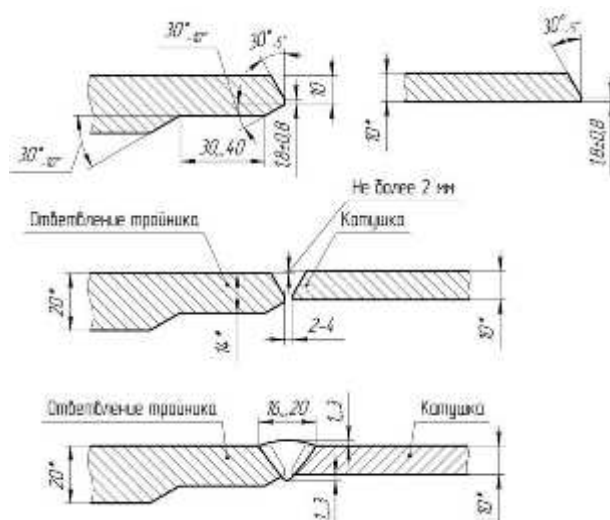


Рисунок 1.9 – Общий вид сварного шва приварки катушки к магистрали тройника

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

Требуемая площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле (7) из [2]

$$F_H = pS + h^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 0,73C(2htg \frac{\alpha}{2} + p + 6) \quad (7)$$

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.

по формуле (7) получим, что

$$F_H = 2,5 \cdot 10 + 8,2^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 0,73 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 8,2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 2,5 + 6) = 90 \text{ мм}^2 = 0,9 \text{ см}^2.$$

Вследствие того, что рассчитанное значение площади наплавленного металла

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

равно $0,9 \text{ см}^2$, то сварку будем вести за два прохода. Принимаем, что требуемая площадь сечения валика усиления равна $0,42 \text{ см}^2$. Тогда, требуется заполнить разделку площадью $0,48 \text{ см}^2$

Найдем параметры режима сварки кольцевого шва приварки катушки к магистрале исходя из условия отсутствия разделки кромок и зазора. Примем, что сила сварочного тока для диаметра проволоки 4 мм равняется 700 А .

Найдем плотность сварочного тока по формуле (8) из [2]

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 700}{3,14 \cdot 4^2} = 55,7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}. \quad (8)$$

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

Найдем напряжение на дуге по формуле (9)

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{Э}}}} I_{\text{СВ}} \pm 1, \text{ В}, \quad (9)$$

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

$I_{\text{СВ}} = 700$ – сила сварочного тока, А.

По формуле (10) определим, что

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 700 \pm 1 \approx 37,5 \pm 1 \text{ В}.$$

Найдем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10)

$$V_{\text{СВ}} = \frac{V_{\text{ПОД}}}{F_{\text{Н}}} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (10)$$

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

$F_{\text{Н}} = 0,42$ – требуемая площадь поперечного сечения наплавленного металла валика усиления, см^2 ;

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$F_{\text{Э}} = 0,126$ – площадь сечения электрода, см^2 .

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{ПОД}}$ по формуле (11)

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_{\text{Р}} I_{\text{СВ}}}{3600 F_{\text{ЭЛ}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad (11)$$

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

$F_{\text{ЭЛ}} = 0,126$ – площадь сечения электродной проволоки, см^2 ;

$\gamma = 7,85$ – плотность металла, г/см^3 .

Определим коэффициент расплавления по формуле (12)

$$\alpha_{\text{Р}} = \alpha'_{\text{Р}} + \Delta\alpha_{\text{Р}}, \quad (12)$$

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

$\Delta\alpha_{\text{Р}}$ – составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач .

Составляющая, обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_{\text{Р}}$ при постоянном токе прямой полярности определяется по формуле (13)

$$\alpha'_{\text{Р}} = 6,3 + \frac{0,0702 I_{\text{СВ}}}{d_{\text{Э}}^{1,035}} = 6,3 + \frac{0,0702 \cdot 700}{4^{1,035}} = 18 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}. \quad (13)$$

Составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_{\text{Р}}$ определяется из условия (14) из [2]

$$\Delta\alpha_{\text{Р}} = \frac{3600 Q_{\text{ПП}}}{q_{\text{Э}} I_{\text{СВ}}}, \quad (14)$$

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

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

Определим значение $Q_{\text{Пл}}$ по следующей формуле (15)

$$Q_{\text{Пл}} = 0,1884j^2 \rho_0 d_{\text{Э}}^2 \left(\frac{V_{\text{Э}}}{\alpha \beta} (e^{-p_2 l} - 1) - \frac{\alpha(T_{\text{Пл}} - T_0)}{p_1} \right), \quad (15)$$

где $j = 5570$ – 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;

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

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

β – коэффициент, ед;

$l = 3,5$ – 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.

Найдем коэффициент β по следующей формуле (16)

$$\beta = \frac{0,24j^2 \rho_0}{\alpha \gamma} = \frac{0,24 \cdot 5570^2 \cdot 0,000014}{0,08 \cdot 1,25} = 1043 \text{ ед.} \quad (16)$$

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

Рассчитаем условную скорость подачи проволоки по формуле (17)

$$V_{\text{Э}} = \frac{4\alpha_p I_{\text{СВ}}}{3600\pi\gamma d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 18 \cdot 700}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,85 \cdot 0,4^2} = 3,6 \text{ см/с.} \quad (17)$$

Найдем коэффициенты p_1 и p_2 исходя из условия (18)

$$\begin{cases} p_1 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} - \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{3,6}{2 \cdot 0,08} - \sqrt{\frac{3,6^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 1043} = -44,8 \text{ ед;} \\ p_2 = -\frac{V_{\text{Э}}}{2a} + \sqrt{\frac{V_{\text{Э}}^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{3,6}{2 \cdot 0,08} + \sqrt{\frac{3,6^2}{4 \cdot 0,08^2} - 0,0083 \cdot 1043} = -0,2 \text{ ед.} \end{cases} \quad (18)$$

По формуле (15) определим, что

$$Q_{\text{III}} = 0,1884 \cdot 5570^2 \cdot 0,000014 \cdot 0,4^2 \cdot \left(\frac{3,6}{0,08 \cdot 0,0083 \cdot 1043} (e^{-0,4 \cdot 3,5} - 1) - \frac{0,0083 \cdot (1500 - 20)}{-44,8} \right) = 211,5 \text{ кал.}$$

Тогда, по формуле (14)

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 211,5}{325 \cdot 700} = 3,4 \frac{\text{г}}{\text{Ач}}.$$

По формуле (13) коэффициент расплавления

$$\alpha_p = 18 + 3,4 = 21,4 \text{ г/Ач.}$$

По формуле (11) получим скорость подачи $V_{\text{ПОД}}$

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{21,4 \cdot 700}{3600 \cdot 0,126 \cdot 7,85} = 4,2 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

По формуле (10) получим скорость сварки $V_{\text{СВ}}$

$$V_{\text{СВ}} = \frac{4,2}{0,42} \cdot 0,126 = 1,26 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Найдем погонную энергию при сварке по формуле (19)

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}}, \frac{\text{кал}}{\text{см}}, \quad (19)$$

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

По формуле (19) определим

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 37,5 \cdot 700 \cdot 0,9}{1,26} = 4500 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Найдем глубину провара по формуле (20)

$$h = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}}, \quad (20)$$

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

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

Определим коэффициент формы шва по формуле (21) из [2]

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19-0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}}, \quad (21)$$

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

На постоянном токе прямой полярности коэффициент k' находится по формуле (22)

$$k' = \frac{2,82}{j^{0,1925}} = \frac{2,82}{55,7^{0,1925}} = 1,3. \quad (22)$$

По формуле (22) определим

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{1,3 \cdot (19 - 0,01 \cdot 700) \cdot 4 \cdot 37,5}{700} = 3,34 \text{ ед.}$$

По формуле (20) глубина провара равняется

$$h = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{4500}{3,34}} = 0,57 \text{ см.}$$

Рассчитаем ширину шва по формуле (23)

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 3,34 \cdot 0,57 = 1,904 \text{ см.} \quad (23)$$

Найдем высоту валика по формуле

$$C = \frac{F_{\text{H}}}{0,73V} = \frac{0,42}{0,73 \cdot 1,904} = 0,302 \text{ см.}$$

Полученное значение высоты шва не соответствует требуемому, поэтому, требуется скорректировать параметры режима сварки. Примем, что напряжение на дуге составляет 38 В. Тогда:

– $q_{\text{П}} = 4560 \text{ кал/см;}$

– $\psi_{\text{ПР}} = 3,387;$

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

- $h = 0,57$;
- $B = 1,937$ см;
- $C = 0,297$ см.

Общая высота шва определяется по формуле

$$D=h+C=0,57+0,297=0,867 \text{ см.}$$

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

Выполним расчет параметров режима сварки при первом проходе. Принимаем, что площадь наплавленного металла при первом проходе составляет $0,48 \text{ см}^2$, а сила сварочного тока составляет 700 А . Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 4 мм находится по формуле (8) и равняется

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 700}{3,14 \cdot 4^2} = 55,7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При диаметре электрода 4 мм и при сварке стыкового шва плотность сварочного тока определяется в интервале $40 \dots 70 \text{ А/мм}^2$. Найденное значение входит в указанный интервал.

Найдем напряжение на дуге по формуле (9)

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 700 \pm 1 \approx 37,5 \pm 1 \text{ В.}$$

Найдем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). Тогда получим, что:

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_{\text{р}} = 18 \text{ г/Ач}$;
- условная скорость подачи проволоки $V_{\text{Э}} = 3,6 \text{ см/с}$;
- коэффициент $\beta = 1043 \text{ ед}$;

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- коэффициент $p_1 = -44,8$ ед, $p_2 = -0,2$ ед;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 211,5$ кал;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_p = 3,4$ г/Ач;
- коэффициент расплавления $\alpha_p = 21,4$ г/Ач;
- скорость подачи проволоки $V_{\text{ПОД}} = 4,2$ см/с;
- скорость сварки $V_{\text{СВ}} = 1,1$ см/с.

По формуле (18) рассчитываем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 37,5 \cdot 700 \cdot 0,9}{1,1} = 5155 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (24)

$$\bar{\omega} = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}, \text{ где} \quad (24)$$

$\bar{\omega}$ – 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.

Рассчитаем коэффициент приведения по формуле (25)

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - \alpha} = \frac{180}{180 - 60} = 1,5 \text{ ед.} \quad (25)$$

Безразмерный критерий процесса $\bar{\omega}$ зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле (26)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1 q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 5155}{3,14 \cdot (1 \cdot 1,5)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 135)} = 4,8. \quad (26)$$

, где $c \gamma = 1,25$ – объемная теплоемкость, кал/см³°С;

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

При значении безразмерного критерия 4,8 величина $\bar{\omega}$ рассчитывается по следующей формуле (27)

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 4,8} = 0,133. \quad (27)$$

По формуле (24) определим

$$\omega = 0,133 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 135)^2}{1,5 \cdot 5155} = 4,32 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

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 должна быть 0,42 см². Зададим значение силы сварочного тока 700 А. Сварка производится на постоянном токе прямой полярности.

Плотность принятого сварочного тока при диаметре электродной проволоки 44 мм рассчитывается по формуле (8) и составляет

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} = \frac{4 \cdot 700}{3,14 \cdot 4^2} = 55,7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

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

Найдем напряжение на дуге по формуле (9)

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 700 \pm 1 \approx 37,5 \pm 1 \text{ В.}$$

Найдем скорость сварки при выбранных параметрах режима по формуле (10) с учетом формул (11)...(17). И получим, что :

- составляющая, обусловленная тепловложением дуги $\alpha'_{\text{р}} = 18 \text{ г/Ач}$;
- условная скорость подачи проволоки $V_{\text{Э}} = 3,6 \text{ см/с}$;
- коэффициент $\beta = 1043 \text{ ед}$;
- коэффициент $p_1 = -44,8 \text{ ед}$, $p_2 = -0,2 \text{ ед}$;
- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током $Q_{\text{ПП}} = 211,5 \text{ кал}$;
- составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током $\Delta\alpha_{\text{р}} = 3,4 \text{ г/Ач}$;
- коэффициент расплавления $\alpha_{\text{р}} = 21,4 \text{ г/Ач}$;
- скорость подачи проволоки $V_{\text{ПОД}} = 4,2 \text{ см/с}$;
- скорость сварки $V_{\text{СВ}} = 1,26 \text{ см/с}$.

Далее по формуле (18) определяем погонную энергию

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 \cdot 37,5 \cdot 700 \cdot 0,9}{1,26} = 4500 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Определяем геометрические характеристики шва по формулам (20)...(23). Тогда:

- $\psi_{\text{ПР}} = 3,34$;
- $h = 0,57 \text{ см}$;

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

- $B = 1,9$ см;
- $C = 0,303$ см.

Так как значение высоты валика превышает требуемое, то скорректируем параметры режима сварки. Примем, что напряжение на дуге составляет 39 В. Тогда:

- $q_{\text{П}} = 4680$ кал/см;
- $\psi_{\text{ПР}} = 3,5$;
- $h = 0,57$ см;
- $B = 1,995$ см;
- $C = 0,288$ см.

Условие выполняется.

Определим мгновенную скорость охлаждения металла по формуле (28)

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{q_{\text{ПОГ}}}, \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}, \quad (28)$$

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

Безразмерный критерий процесса $\bar{\omega}$ зависит от другого безразмерного критерия, который определяется по формуле (29)

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta)^2 c\gamma(T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 4680}{3,14 \cdot (1)^2 \cdot 1,25 \cdot (500 - 135)} = 6,5. \quad (29)$$

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

При значении безразмерного критерия 6,5 величина $\bar{\omega} = 0,1$. Тогда, по формуле (28) получим, что

$$\omega = 0,1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 135)^2}{4680} = 2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Полученное значение мгновенной скорости охлаждения входит в требуемый интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 15ХСНД.

1.10 Выбор оборудования для сварки

При автоматической сварке под слоем флюса в качестве источника питания будем использовать Aristo 1000 AC/DCSaw. На рисунке 1.9 изображен его общий вид



Рисунок 1.9 – Общий вид источника питания Aristo 1000 AC/DCSaw

Технические характеристики источника питания Aristo 1000 AC/DCSaw представлены в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Технические характеристики источника питания Aristo 1000 AC/DCSaw

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети, В, при 50/60 Гц	380...575
Максимальное значение силы сварочного тока, А, при ПВ 100 %	1000
Напряжение холостого хода, В	130
КПД при полной нагрузке, ед	0,88
Габаритные размеры, мм	865×610×1320
Масса, кг	330

Управление параметрами процесса при сварке осуществляется при помощи контроллера EsabPEK, показанного на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Общий вид контроллера EsabPEK

Непосредственно процесса сварки будем производится при помощи сварочной головки EsabA2 SMiniMaster. Общий вид головки EsabA2 SMiniMaster показан на рисунке 1.11.



Рисунок 1.11 – Общий вид головки EsabA2 SMiniMaster

Технические характеристики сварочной головки EsabA2 SMiniMaster представлены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Технические характеристики сварочной головки EsabA2 SMiniMaster

Характеристика	Значение
Максимальное значение силы тока, А при ПВ 100%	800
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6...4
Скорость подачи проволоки, мм/мин	9000
Масса, кг	50

Для сбора нерасплавленного флюса и для его повторного применения предлагается применить систему рециркуляции флюса марки АС-4 производства фирмы LincolnElectric. Общий вид системы показан на рисунке 1.12.



Рисунок 1.12 – Общий вид системы рециркуляции флюса АС-4

Система состоит из бункера, который установлен на сварочную головку на бункер для флюса. При сварке пылесосом производится сбор нерасплавившегося флюса и он применяется повторно.

Технические характеристики системы рециркуляции флюса АС-4 представлены в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Технические характеристики системы рециркуляции флюса ХР-3

Характеристика	Значение
Сеть питания, В/Гц	200/50
Габаритные размеры, мм	483×255×203
Масса, кг	10,5

Вывод по разделу 1:

В данном разделе проанализировали технологии изготовления тройника. Детально описана базовая технология изготовления, в которой отметили не совершенства. После чего была предложена и новая технология автоматической сварки под слоем флюса

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Для установки сварочной головки будем применять сварочную колонну марки EsabCaB 300S. Её общий вид показан на рисунке 2.1.

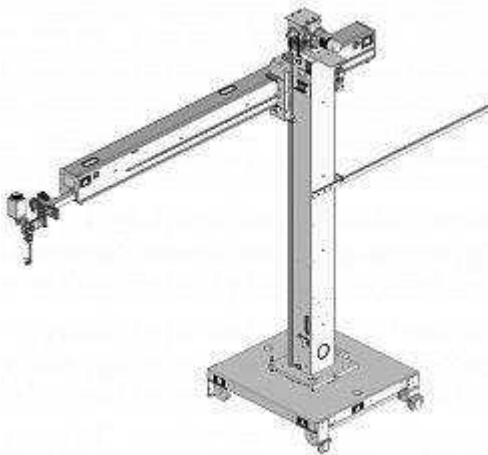


Рисунок 2.1 – Общий вид колонны EsabCaB 300S

Колонна состоит из стойки , основания , консоли и подвесной сварочной головки

На основании колонны устанавливается источник питания и система рециркуляции флюса.

Технические характеристики колонны EsabCaB 300S приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики колонны EsabCaB 300S

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

Вращение собранного узла производится при помощи позиционера марки НВ-120, показанного на рисунке 2.2.

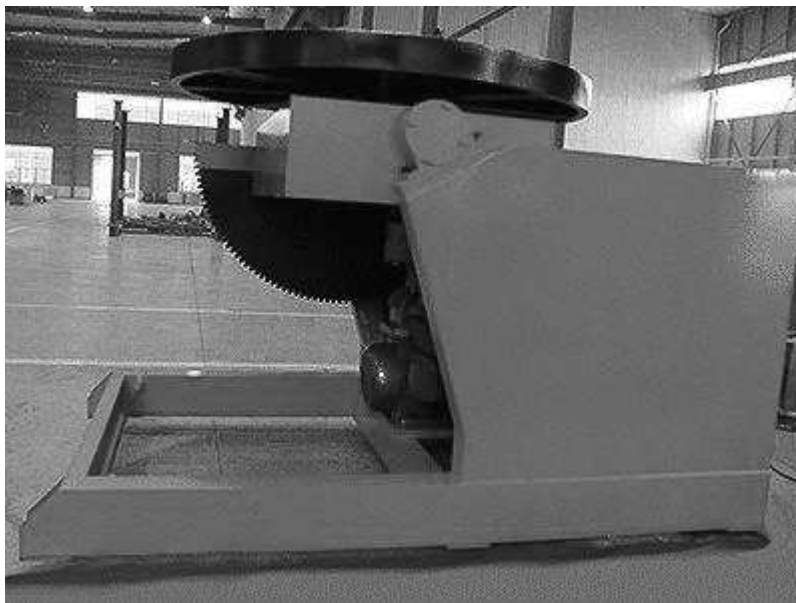


Рисунок 2.2 – Позиционер марки НВ-120

Расположение электродвигателя и общий вид поворотного стола позиционера НВ-120 показаны на рисунке 2.3.

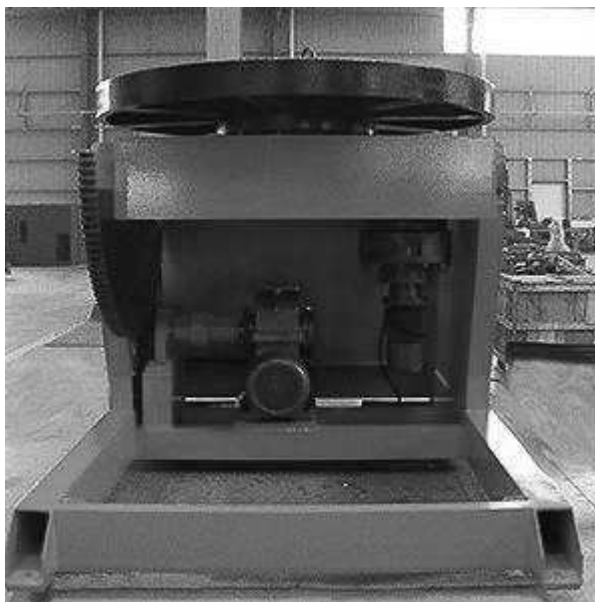


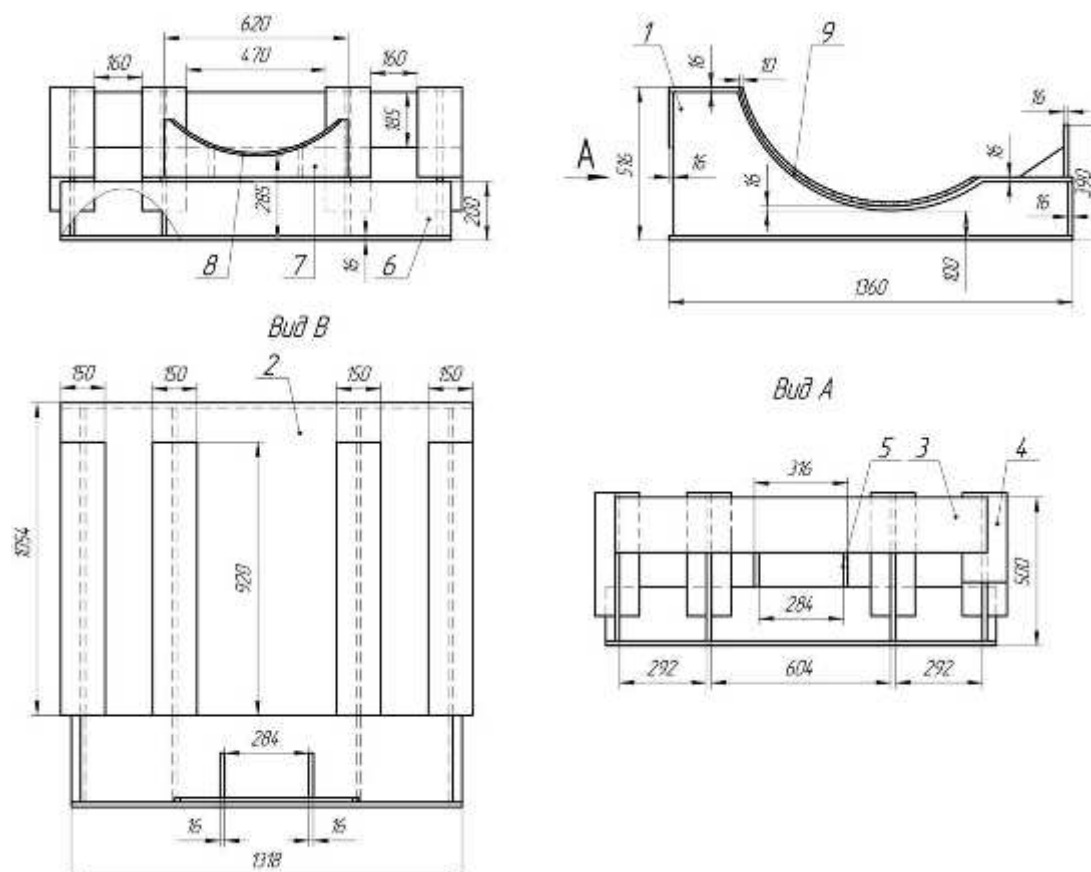
Рисунок 2.3 – Расположение электродвигателя и общий вид поворотного стола позиционера НВ-120

Технические характеристики позиционера НВ-120 представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Технические характеристики позиционера НВ-120

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 предлагаемом варианте технологии изготовления сборка осуществляется при помощи ложемента, изображенного на рисунке 2.4.



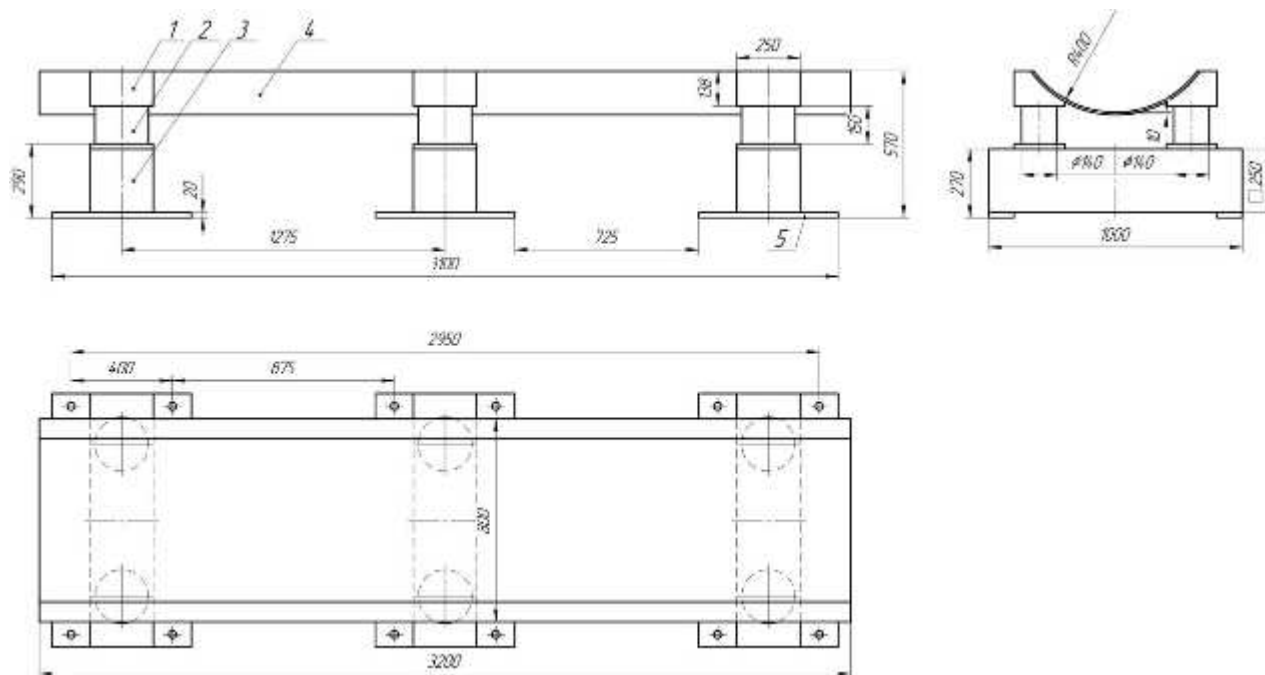
1 – стенка 2 – основание; 3 – стенка задняя; 4 – ложемент; 5 – ребро жесткости; 6 – стенка передняя; 7 – опора; 8, 9 – прокладка резиновая

Рисунок 2.4 – Общий вид ложемента

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

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Для установки катушки и центратора внутреннего предлагается использовать опору гидравлическую, изображенную на рисунке 2.5.



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

Рисунок 2.5 – Опора гидравлическая

Для сборки катушки с ответвлением тройника предлагается использовать гидравлический внутренний центратор марки ЦВ85 . Общий вид центратора изображен на рисунке 2.6 [9].



Рисунок 2.6 – Общий вид центратора

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Центратор используется для центрирования торцов собираемых трубных изделий при сборке поворотных и неповоротных стыков трубопроводов. Центратор обладает электрогидравлическим приводом, питающимся от сети 380 В и предназначен для уменьшения овальности собираемых заготовок и придания правильной формы окружности стыка.

Технические характеристики центратора ЦВ-85 указаны в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Технические характеристики центратора ЦВ-85

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

При автоматической сварке под слоем флюса предлагается использовать керамические подкладки марки PZ 1500/54 производства фирмы Esab.

Общий вид керамической подкладки PZ 1500/54 изображен на рисунке 2.7.

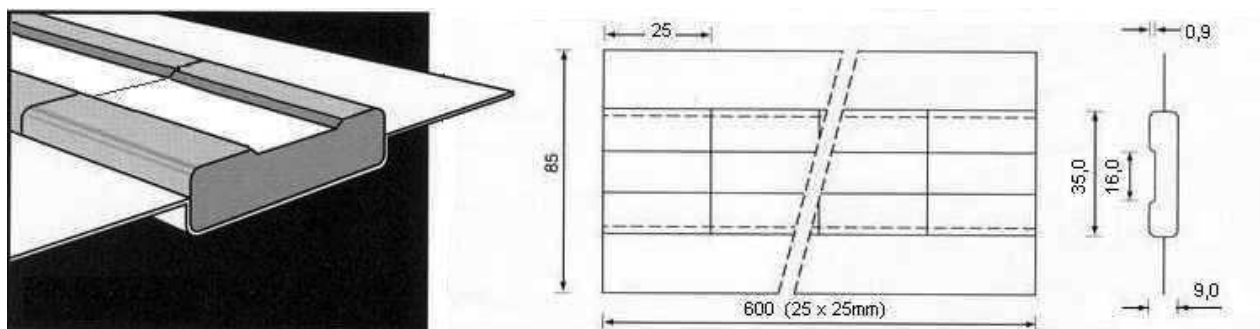


Рисунок 2.7 – Общий вид керамической подкладки PZ 1500/54

Подкладка состоит из элементов в количестве 25 штук длиной 600 мм. 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.

Выводы по разделу 2:

В данном разделе рассмотрена предлагаемая оснастка для качественного процесса сборки и сварки тройника.

3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Технологический процесс изготовления тройника состоит из следующих операций:

- входной контроль труб;
- входной контроль сварочных материалов;
- контроль заготовок после обработки;
- контроль сборки;
- контроль режимов сварки;
- контроль сварного шва.

При входном контроле труб производится проверка, в первую очередь, паспортов и сертификатов. В них проверяется 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 ОТК о приемке.

После проверки сертификатных данных производится контроль геометрических параметров труб, а также визуальный осмотр наружной и внутренней поверхностей на наличие дефектов металла, выводящих толщину стенки за пределы допуска. При обнаружении дефектов на поверхности производится их замер глубиномером с индикатором часового типа. При размере дефекта более допускаемого составляется акт и на завод-изготовитель трубы готовится претензия. До тех пор труба остается непринятой в изоляторе брака.

При контроле геометрических параметров труб проверяются:

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- длина трубы;
- толщина стенки;
- отклонение от теоретической окружности;
- овальность;
- косина реза;
- геометрические параметры фаски;
- общая кривизна.

Контроль геометрических параметров производится при помощи рулетки, линейки, штангенциркуля, шаблонов для измерения отклонения от теоретической окружности.

При обнаружении несоответствий хотя бы по одному параметру, также готовится претензия.

Входной контроль сварочных материалов производится по сертификатным данным. Здесь производится сверка соответствия партии и плавки проволоки по сертификату и по факту. Также при поступлении новой партии либо новых сварочных материалов производится сварка контрольных образцов и на них проводятся металлографические исследования, исследования механических свойств, а также технологические свойства. Также при помощи штангенциркуля производится контроль диаметра проволоки.

Флюс проверяется по сертификатным данным, а также производится осмотр гранул. Флюс также проходит проверку на влажность.

После прохождения входного контроля производится проверка заготовок комплекующих для тройника. На этой операции проверяются следующие параметры:

- длина катушки;
- фаски на катушке;
- строительная высота тройника;
- строительная длина тройника;
- фаски на тройнике;
- осмотр поверхности.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
						50
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Длина проверяется рулеткой, фаски проверяются при помощи штангенциркуля, угломера.

При сборке производится контроль геометрических параметров стыка, таких как зазор и относительное смещение свариваемых кромок. Зазор проверяется при помощи набора щупов №4 либо универсального шаблона сварщика №3 (УШС-3). Смещение кромок проверяется при помощи УШС-3 либо угольника поверочного с набором щупов №4.

При контроле режимов сварки проверяется их соответствие расчетным.

При контроле сварного шва проверяются:

- ширина валика;
- высота валика.

Контроль производится шаблонами либо УШС-3.

При визуальном осмотре в сварном шве должны отсутствовать следующие дефекты:

- поры, выходящие на поверхность;
- трещины всех видов и направлений;
- подрезы глубиной более 0,5 мм;
- наплывы;
- неполное заполнение разделки.

После визуального и измерительного контроля производится ультразвуковой контроль сварного шва. Он производится при помощи ультразвукового дефектоскопа марки Olympus Epoch 650.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Общий вид дефектоскопа показан на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Общий вид дефектоскопа Olympus Epoch 650

Технические характеристики дефектоскопа Olympus Epoch 650 указаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики дефектоскопа Olympus Epoch 650

Характеристика	Значение
Развертка, мкс:	
– минимальная	0...2,67
– максимальная	0...1000
Шаг развертки, мкс	0,01 / 0,1/ 1/ 10/ 100
Задержка, мкс	-4...1000
Шаг задержки, мкс	0,01 / 0,1/ 1/ 10/ 100
Максимальная длина контролируемого материала, мм	6000
Диапазон скоростей распространения ультразвуковых колебаний, м/с	1000...9999
Задержка в призме преобразователя, мкс	0..100
Шаг задержки в призме преобразователя, мкс	0,01 / 0,1/ 1 и 10
Демпфирование, Ом	25/ 50/ 1000

Продолжение таблицы 3.1

Входной импеданс, Ом	50/600
Усилитель, МГц	0,4...20
Диапазон регулировки усиления, дБ	100
Временная регулировка чувствительности (ВРЧ), дБ	0...70
Напряжение питания, В	3,5
Диапазон рабочих температур, °С	-30...+55
Габаритные размеры, мм	236×167×70
Масса, кг	1,6

По результатам ультразвукового контроля в сварном шве должны отсутствовать следующие дефекты:

- поры диаметром более 1,6 мм;
- трещины;
- непровары;
- несплавления;
- цепочки пор длиной более 50 мм с расстоянием между крайними порами менее трех диаметров наибольшей из них.

При проведении радиографического контроля применяется рентгеновский аппарат марки АРИНА-3. Технические характеристики аппарата АРИНА-3 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Технические характеристики аппарата АРИНА-3

Характеристика	Значение
Экспозиционная доза рентгеновского излучения на расстоянии 500±20 мм от торца рентгеновского блока в прямом пучке за 1,5 мин, не менее, мкКал/кг	206
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью рентгеновских пленок с флуоресцентными усиливающими экранами, мм	40

Продолжение таблицы 3.2.

Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью высококонтрастных рентгеновских пленок, мм	20
Напряжение питания, В	220±22

По результатам радиографического контроля в сварном шве должны отсутствовать следующие дефекты:

- поры диаметром более 1,6 мм;
- трещины;
- непровары;
- несплавления;
- цепочки пор длиной более 50 мм с расстоянием между крайними порами менее трех диаметров наибольшей из них.

Выводы по разделу 3:

В данном разделе указываются методы контроля качества, применяемое оборудование классификация недопустимых дефектов.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

4.1 Расчет фондов рабочего времени

Для определения производительности при сварке тройника с катушкой необходимо определить номинальный фонд рабочего времени. Он определяется согласно календарной продолжительности года с учетом выходных, праздничных и предпраздничных дней. Тогда номинальный фонд рабочего времени определяется по формуле (30)

$$F_H = \frac{D_{\Gamma} t_H}{D_H}, \quad (30)$$

где $D_{\Gamma} = 365$ – количество рабочих дней в сезоне, шт;

$D_H = 7$ – количество рабочих дней недели, шт;

$t_H = 168$ – продолжительность рабочей недели, ч.

Тогда, по формуле (30) получим, что

$$F_H = \frac{365 \cdot 168}{7} = 8760 \text{ ч.}$$

Фонд времени работы оборудования действительный зависит от номинального фонда времени, учитывающего сменность работы оборудования и потери времени, связанные с его ремонтом и определяется по формуле (31)

$$F_D = F_H \left(1 - \frac{P}{100} \right), \quad (31)$$

где $F_H = 8760$ – номинальный годовой фонд рабочего времени, ч;

$P = 3,8$ – процент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования, %.

Тогда, по формуле (31) получим, что годовой фонд времени работы оборудования фактический

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$F_{Д}=8760 \cdot \left(1 - \frac{3,8}{100}\right) = 8427 \text{ ч.}$$

Определим номинальный фонд рабочего времени одной бригады при работе одну смену по формуле (32)

$$F_{Н.БР.} = \frac{F_{Н.}}{n}, \quad (32)$$

,где $F_{Н.} = 8760$ – номинальный годовой фонд рабочего времени, ч;

$n = 4$ – количество бригад, занятых на объекте, шт. В состав бригады по сборке и сварке тройника входят два электросварщика, два сборщика, два слесаря-зачистника.

Тогда, по формуле (32) получим, что

$$F_{Н.БР.} = \frac{8760}{4} = 2190 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени для одной бригады при работе в одну смену определяется вычитанием из номинального фонда планируемых дневных и внутрисменных фондов времени. К таким потерям времени относятся:

- основной и дополнительный отпуск всех видов;
- болезни;
- выполнение государственных обязанностей;
- сокращение рабочего дня в соответствии с действующим законодательством.

Расчет эффективного фонда времени работы одного рабочего производится по формуле:

$$F_{ДР} = F_{Н.БР.} [1 - 0,01 (P_{Н.} + P_{О.} + P_{ОТП} + P_{Р.})] \quad (33)$$

,где $F_{Н.БР.} = 2190$ – номинальный фонд рабочего времени одной бригады, ч;

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

$P_H = 4$ – планируемый процент невыхода на работу, %;

$P_O = 6$ – процент перерывов на отдых, %;

$P_{ОТП} = 6$ – процент невыхода на работу в связи с отпуском, %;

$P_P = 3$ – процент потерь времени, связанных с ремонтом оборудования в рабочее время, %.

Тогда, по формуле (33), эффективный фонд времени работы одного рабочего

$$F_{др} = 2190 \cdot [1 - 0,01 \cdot (4 + 6 + 6 + 3)] = 1774 \text{ ч.}$$

4.2 Расчет норм штучного времени

Время на операцию обработки фасок, осмотр, зачистку прикромочной зоны и исправление обнаруженных визуально дефектов составляет 20 мин.

При расчете норм времени для автоматической сварки примем серийный тип производства. Сварка производится сварочной головкой. Установка и поворот изделий относительно оси при подготовке под сварку производится с участием электросварщика. Настройку автоматического оборудования производит электро-сварщик[5].

Для дальнейших расчетов по нормированию требуется рассчитать подготовительно-заключительное время. Оно представляет собой сумму следующих элементов при подготовительно-заключительной работе:

1. Получение производственного задания – 5 мин;
2. Ознакомление с работой – 3 мин;
3. Настройка сварочной головки – 1,9 мин, из которых:
 - выставление положения сварочной проволоки относительно стыка – 1 мин;
 - установка величины сварочного тока – 0,2 мин;
 - установка скорости сварки – 0,2 мин;
 - установка скорости подачи проволоки – 0,2 мин;
4. Сдача работы – 2 мин;
5. Подготовка рабочего места – 10 мин.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Таким образом, подготовительно-заключительное время на сварку составляет

$$T_{ПЗ} = \sum t_{оп.пз} \quad (34)$$

,где $t_{оп.пз}$ – сумма времени на операциях при подготовке и завершении работ,
мин.

Тогда, по формуле (34)

$$T_{ПЗ} = 5 + 3 + 1,9 + 2 + 10 = 21,9 \text{ мин.}$$

Произведем расчет основного времени, необходимого для сварки одного стыка по формуле(35)

$$T_{осн} = 60 \cdot \frac{L}{V_{св}} \quad (35)$$

,где $L=2,26$ – длина рассматриваемого шва, м;

$V_{св}$ – скорость сварки, м/ч.

Определим основное время сварки по формуле (35) для:

–первого прохода при скорости сварки $1,1 \text{ см/с} = 39,6 \text{ м/ч}$

$$T_{осн} = 60 \cdot \frac{2,26}{39,6} = 3,4 \text{ мин.}$$

– второго прохода при скорости сварки $1,26 \text{ см/с} = 45,4 \text{ м/ч}$

$$T_{осн} = 60 \cdot \frac{2,26}{45,4} = 3 \text{ мин.}$$

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Таким образом, общее основное время сварки одного стыка составляет 6,4 мин. Согласно базовому варианту технологии изготовления основное время сварки одного стыка составляет 45 мин.

Рассчитаем вспомогательное время, зависящее от длины шва. Для этого примем, что время на:

- зачистку и осмотр свариваемых кромок составляет 3 мин;
- очистка шва от шлака, осмотр и промер шва составляет 10 мин.

Тогда, вспомогательное время составит

$$T_{\text{ВШ}}=3+10=13 \text{ мин.}$$

Примем, что коэффициент, который учитывает затраты времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные надобности составляет $k=1,19$, так как в работе принят серийный тип производства.

Норма штучного времени на изготовление тройника рассчитывается по формуле (36)

$$T_{\text{ШТ}} = \left(\sum T_{\text{ОСН}} + T_{\text{ВШ}} \right) k, \quad (36)$$

где $T_{\text{ОСН}} = 6,4$ – суммарное основное время на проведение сварочных работ, мин;

$T_{\text{ВШ}}=13$ – вспомогательное время на обслуживание стыка, мин;

$k=1,19$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные надобности, ед.

Тогда, по формуле (36) получим, что

$$T_{\text{ШТ}}=(6,4+13) \cdot 1,19=23,1 \text{ мин.}$$

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

При существующем варианте технологии изготовления штучное время на изготовление составляет 69 мин при производстве работ двумя сварщиками одновременно.

Произведем расчет штучного времени на операции контроля качества по формуле (37)

$$T_{\text{шт}}^{\text{кон}} = (T_0 + t_{\text{всп}})k, \quad (37)$$

где T_0 – время проведения контроля, мин;

$t_{\text{всп}}$ – время на подготовку оборудования и детали, мин;

$k=1,19$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, на отдых и естественные надобности, ед.

Время контроля определим по формуле (38)

$$T_0 = \frac{L}{V_k}, \quad (38)$$

где $L_{\text{ш}} = 2,26$ – длина сварного шва, м;

V_k – скорость проведения контроля, м/мин. Примем, что при визуальном контроле скорость составляет 0,8 м/мин, при ультразвуковом контроле скорость контроля составляет 0,2 м/мин.

Тогда, по формуле (38) получим, что

$$T_0 = \frac{2,26}{0,8} + \frac{2,26}{0,2} = 14,2 \text{ мин.}$$

Тогда, по формуле (37) получим, что

$$T_{\text{шт}}^{\text{кон}} = (14,2 + 5) \cdot 1,19 = 23 \text{ мин.}$$

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

4.3 Организация производства

Количество сварочных источников питания при производстве работ определяется расчетом и зависит от трудоемкости изготавливаемой продукции и действительного фонда времени работы оборудования.

Загрузка оборудования рассчитывается по формуле (39)

$$C_P = \frac{T_{шт} N}{60 F_D K_{вн} n}, \quad (39)$$

где $T_{шт}$ – штучное время проведения операции для одного изделия, мин;

$N=250$ – годовая программа изготовления тройников 1020×720 , шт;

$F_D= 8760$ – действительный фонд времени оборудования при двухсменном графике в сутки, ч;

$K_{вн} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм выработки;

$n = 1$ – количество смен.

Полученное значение C_P округляется до ближайшего целого числа $C_{пр}$, которое является принятым количеством оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле (40)

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{пр}}, \quad (40)$$

где C_P – расчетное количество оборудования, шт;

$C_{пр}$ – принятое количество оборудования, шт.

Расчет количества применяемого оборудования приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Количество применяемого оборудования

Наименование операции	$T_{шт}$, мин	C_P	$C_{пр}$	K_3
Автоматическая сварка	23,1	0,01	1	0,01
Контроль качества	23	0,01	1	0,01

Как видно из таблицы, коэффициенты загрузки оборудования на изготовление тройникаслишком малы. Такие значения получены конкретно для изготовления тройников для магистрального нефтепровода размером 1020×720. Рассматриваемое производство также выпускает тройники других типоразмеров.

Численность основных производственных рабочих меняется в зависимости от трудоемкости работ, норм выработки или нормам обслуживания оборудования.

Количество рабочих рассчитывается по формуле (41)

$$R_p = \frac{T_{шт} N}{60 F_{др} K_B S}, \quad (41)$$

где $T_{шт}$ – штучное время проведение операции для одного изделия, мин;

$N=250$ – годовая программа изготовления стыков, шт;

$F_{др}= 1774$ – действительный годовой фонд времени работы при двухсменном графике в сутки, час/год;

$S = 1$ – количество смен работы оборудования, шт;

$K_B=1,1$ – коэффициент выполнения норм выработки, ед.

Полученное значение R_p округляем до ближайшего целого числа $R_{пр}$, которое является принятым количеством оборудования.

Коэффициент занятости рабочего определяется по формуле (42):

$$K_3 = \frac{R_p}{R_{пр}}, \quad (42)$$

где R_p – расчетное количество рабочих, чел;

$R_{пр}$ – принятое количество рабочих, чел.

Расчеты численности основных производственных рабочих и их занятости сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Численность рабочих

Наименование операции	Профессия / специальность	T _{шт} , мин	R _р	R _{ПР}	K _з
Автоматическая сварка	Сварщик	23,1	0,05	1	0,05
Контроль качества	Контролер	23	0,05	1	0,05

Как видно из таблицы 4.2, коэффициент загрузки рабочих достаточно мал. Такие значения получены конкретно для изготовления тройников для магистрального нефтепровода размером 1020×720. Рассматриваемое производство также выпускает тройники других типоразмеров.

4.4 Расчет расхода материалов

Расчет норм расхода материалов и энергоносителей зависит от количества наплавленного металла. Вес наплавленного металла определяется по формуле (43) из [4]

$$Q_э = Q_H k, \quad (43)$$

где $k = 1,05$ – безразмерный коэффициент, учитывающий потери на угар и разбрызгивание, ед;

Q_H – вес металла, наплавленного на одно изделие, кг;

Вес наплавленного металла определим по формуле (44)

$$Q_H = F_H L \gamma, \quad (44)$$

где $F_H = 0,9$ – площадь сечения наплавленного металла шва в поперечном разрезе, см^2 ;

$L = 226$ – длина шва, см;

$\gamma = 7,85$ – удельный вес наплавленного металла, г/см^3 .

Тогда, по формуле (44)

$$Q_H = 0,9 \cdot 226 \cdot 7,85 = 1597 \text{ г.}$$

Следовательно, по формуле (43), вес наплавленного металла на одно изделие:

$$Q_{\text{Э}} = 1597 \cdot 1,05 = 1680 \text{ г.}$$

Расход электродной проволоки на годовую программу определяется по формуле (45)

$$Q_{\text{Э ОБЩ}} = Q_{\text{Э}} N, \quad (45)$$

где $Q_{\text{Э}}$ – вес наплавленного металла, г;

$N = 250$ – годовая программа выпуска корпусов, шт.

Тогда, по формуле (45) получим, что

$$Q_{\text{Э ОБЩ}} = 1680 \cdot 250 = 420 \text{ кг.}$$

Расход флюса при автоматической сварке рассчитывается по формуле (46)

$$Q_{\text{Ф}} = Q_{\text{Э}} k, \quad (46)$$

где $k = 1,2$ – коэффициент расхода флюса, ед.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Тогда, по формуле (46) получим, что

$$Q_{\Phi} = 1680 \cdot 1,2 = 2016 \text{ г.}$$

Расход флюса, потраченного на сварку на годовую программу

$$Q_{\Phi \text{ ОБЩ}} = 2016 \cdot 250 = 504 \text{ кг.}$$

Расход энергоносителей для обеспечения работы сварочных машин и аппаратов в общем виде может быть определен по техническим характеристикам оборудования и потерям энергии. Воспользуемся методикой для дуговых способов сварки, основанной на учете массы наплавленного металла и удельных расходах энергии. Расход энергоносителей при сварке на годовую программу находится из выражения (50)

$$Q_{\text{ЭЛ}} = Q_{\text{Э ОБЩ}} g_{\text{Э}}, \quad (47)$$

где $g_{\text{Э}} = 2,5$ – удельный расход электроэнергии, кВт/кг.

Тогда, по формуле (47) получим, что

$$Q_{\text{ЭЛ}} = 420 \cdot 2,5 = 1050 \text{ кВт.}$$

Выводы по разделу 4:

В данном разделе произведено нормирование по времени работ. Произведен расчет затрат сварочных материалов, а также рассчитано необходимое количество сварочного оборудования и оборудования для контроля, рассчитана необходимая численность персонала.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов

При автоматической сварки под слоем флюса , с предварительным подогревом отсутствуют опасные и вредные факторы , такие как повышенный уровень шума , ультразвука , ЭМП , магнитных полей , ионизирующих излучений , видимого света , а также отсутствуют искры , брызги расплавленного металла и физические перегрузки

Наиболее вредными и опасными являются следующие факторы:

- повышенная запыленность , загазованность воздуха РЗ
- повышенная температура воздуха РЗ , поверхностей оборудования и материалов
- воздействие электрического тока
- сварные и другие аэрозоли ,газы
- психологические факторы

5.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

1. К работе на автосварочных установках допускаются только лица, сдавшие экзамен в объеме техминимума для автосварщика и имеющие соответствующие удостоверения. Проверка знаний автосварщиков должна производиться ежегодно.
2. Лица, обслуживающие автосварочные установки, должны работать в резиновых галошах и резиновых перчатках.
3. Провода управления сварочным аппаратом и неподвижным электрическим приводом необходимо прокладывать в трубках.
4. Во избежание нагрева труб вихревыми токами не допускается прокладка проводов сварочной цепи в газовых трубах.
5. Подвижные гибкие провода должны быть заключены в резиновые шланги для предохранения от механических повреждений.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

6. Конец вторичной обмотки сварочного трансформатора, идущий к свариваемому изделию, а также металлические части установки, которые не являются токоведущими частями, должны быть заземлены, чтобы в аварийных случаях не могли оказаться под высоким напряжением.

7. Категорически запрещается пользоваться заземленным корпусом одного прибора для заземления другого; заземляющий провод от каждого аппарата присоединять параллельно к общему заземлению.

8. Категорически запрещается использовать контур заземления как обратный сварочный провод.

9. Монтаж заземления должен производиться в соответствии с «Правилами устройства электроустановок промышленных предприятий».

10. Нормальный ток плавких предохранителей не должен превышать указанного в схеме.

11. Устройство для переключений должно быть защищено кожухом от случайных прикосновений.

12. Рабочее место должно быть освещено так, чтобы ясно было видно все свариваемое изделие и все части аппаратов, за которыми необходимо наблюдать при эксплуатации установки.

13. Контактные соединения должны быть надежными, а подвижные контакты, рубильники, переключатели должны осматриваться не реже одного раза в три дня и подгоревшие места должны исправляться.

14. Состояние изоляции проводов должно проверяться автосварщиком не реже одного раза в месяц.

15. Исправление силовых электрических цепей должен производить электромонтер.

16. Если в процессе сварки автосварщику необходимо сидеть или лежать на изделии, то он должен пользоваться резиновым ковриком или другим изолирующим материалом как подкладкой.

17. Рабочее место автосварщика должно быть ограждено от попадания лучей сварочной дуги с соседних постов ручной сварки.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

18. Автосварщик должен работать в очках с простыми стеклами, чтобы обезопасить глаза от искр и брызг расплавленного металла и шлака при случайных прорывах дуги через флюс, а также при очистке шва от шлака.

19. При обслуживании автоматов для электрошлаковой сварки необходимо иметь очки в чешуйчатой оправе с синими светофильтрами, задерживающими инфракрасные лучи.

20. Автосварщик должен быть внимательным при кантовке тяжелых изделий, чтобы не подвергать себя ушибам и опасностям при повороте и падении тяжелых деталей.

Вывод по разделу 5 :

В данном разделе были проанализированы основные вредные и опасные факторы , которые могут присутствовать при автоматической сварки под слоем флюса с подогревом .Также была описана техника безопасности при выполнении сварочных работ

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматривается тройник 1020×720 мм для магистрального нефтепровода.

В технологическом разделе рассмотрена технология изготовления тройника, основные материалы для магистрали и катушки. Для них определена свариваемость и необходимость проведения предварительного подогрева.

При существующей технологии изготовления сборка производится при помощи наружного центратора. После этого ставятся прихватки и начинается обварка стыка ручной сваркой штучными электродами. Стык при этом неповоротный.

Проанализировав технологию можно сделать вывод о том, что применение ручной дуговой сварки в современных условиях неэффективно. Наблюдается высокий процент трудового участия сварщика, что повышает влияние человеческого фактора на выполнение сварных швов. Сварка выполняется не только в нижнем положении, но и в вертикальном и в потолочном положениях.

Для улучшения технологии предложен способ автоматической сварки под слоем флюса. Для этого предлагается сделать стык поворотным. Это возможно сделать применением позиционера. Для сварки предлагается применить навесную сварочную головку, установленную на колонне.

При техническом нормировании и сравнении двух технологий было выявлено, что согласно предлагаемой технологии время на изготовление одного стыка уменьшается примерно на 46 мин, что позволяет увеличить количество стыков, сваренных за одну смену. Также в состав бригады допускается включать только одного сварщика.

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
3. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
4. Николаев, Г.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учеб. для вузов/ Г. А. Николаев, В. А. Винокуров/Под ред. Г. А. Николаева – М.: Высш.шк., 1990. – 446 с.
5. Куркин, С. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учебник для студентов вузов/ С. А. Куркин, Г. А. Николаев – М.: Высш. шк., 1991. – 398 с., ил.
6. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под. ред. Б. Е. Патона. – М.: «Машиностроение», 1974. – 768 с., ил.
7. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
8. <http://www.lincolnelectric.ru>
9. <http://gazss.ru>
10. <http://www.defectoskopist.ru>

					15.03.01.2018.142.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70