

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.

Повышение производительности сборки и сварки муфты при ремонте магистральных
трубопроводов диаметром 1020 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
Слукинóв Егор Андреевич

« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролёр
преподаватель

_____ Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск, 2018

Аннотация

Слукинов Е.А. Повышение производительности сборки и сварки муфты при ремонте магистральных трубопроводов диаметром 1020 мм. – Челябинск: ЮУрГУ, П-440; 2018, 5 ил., библиогр. список – 11 наим., 6 листов чертежей ф.А1.

Изучен базовый вариант технологии ремонта газопровода сварными муфтами предложено заменить ручную дуговую сварку на автоматическую сварку в среде защитных газов плавящимся электродом – для протяженных стыковых соединений полумуфт и кольцевых нахлесточных соединений, а так же полуавтоматическую сварку в среде защитных газов – для сварки непротяженных стыковых соединений полуколец и выполнения прихваток.

В проекте проанализирована существующая и разработана новая технология сборки и сварки ремонтных сварных муфт. Рассчитаны параметры режимов сварки, выбрано сварочное оборудование и сопутствующие материалы. Спроектирована установка для сборки и сварки колец и муфт, позволявшая существенно уменьшить трудоемкость, повысить производительность сборки и сварки, а так же повысить качество его изготовления.

В разделе по безопасности жизнедеятельности описаны правила производства работ, обеспечивающие безопасные условия труда на сборочно-сварочном участке.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		5

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	9
1.1 Описание конструкций муфт и их назначение	9
1.2 Выбор конструкций муфт	13
1.3 Материал изделия и его свариваемость.....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	18
2.1 Базовый вариант технологического процесса	18
2.1.1 Подготовка дефектного участка.....	18
2.1.2 Предварительный подогрев.....	19
2.1.3 Сборка продольных стыковых, кольцевых нахлесточных и угловых сварных соединений муфт	20
2.1.4 Сварка продольных стыковых соединений.....	23
2.1.5 Сварка кольцевых нахлесточных и угловых сварных соединений муфт	26
2.1.6 Замечания и предложения по существующей технологии.....	28
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса	29
2.2.1 Выбор конструкции муфты	29
2.2.2 Выбор способа сварки	30
2.2.3 Расчет режимов сварки	31
2.2.3.1 Расчет режима сварки продольных стыковых соединений полуколец (полумуфт)	32

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		6

2.2.3.2	<i>Расчет режима сварки кольцевых нахлесточных соединений</i>	36
2.2.4	<i>Выбор сварочных материалов</i>	40
2.2.4.1	<i>Выбор сварочной проволоки</i>	40
2.2.4.2	<i>Выбор защитного газа</i>	41
2.2.5	<i>Выбор сварочного оборудования</i>	42
2.2.6	<i>Выбор источника питания</i>	45
2.3	Монтаж установки для сварки продольных стыковых соединений	49
2.4	Монтаж установки для сварки кольцевых нахлесточных соединений	51
3	КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	53
4	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	58
4.1	Требования к организации и производству ремонтных работ на действующем газопроводе под давлением	58
4.2	Огневые работы	59
4.2.1	<i>Подготовка линейной части газопровода</i>	59
4.2.2	<i>Общие требования</i>	61
4.3	Электросварочные работы	62
4.3.1	<i>Опасные и вредные производственные факторы для автоматической дуговой сварки в среде защитных газов</i>	62
4.3.2	<i>Требования к процессам сварки в защитных газах и их смесях</i>	63
4.3.3	<i>Требования к электробезопасности</i>	64
4.3.4	<i>Средства индивидуальной защиты (СИЗ)</i>	66
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	69
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	

ВВЕДЕНИЕ

Наша страна занимает первое место в мире по запасам природного газа. Транспортировка газа осуществляется по крупнейшей в мире газотранспортной системе – Единой системе газоснабжения (ЕСГ) России, которая включает 161,7 тысяч километров магистральных газопроводов. ЕСГ принадлежит ПАО «Газпром» [1].

Стабильность функционирования газотранспортной системы обеспечивается благодаря постоянному контролю технического состояния газопровода, дефектоскопии труб, поддержанию в исправном состоянии газопровода и своевременному выполнению регламентно- профилактических работ и реконструкции, прогнозированию и предупреждению аварийных ситуаций.

Ежегодно дочерними предприятиями «Газпрома» ремонтируется около 2500 километров газопроводов, но несмотря на это 36000 километров нуждаются в ремонте, так как средний возраст магистральных газопроводов страны равняется 27-ми годам [1].

Проектными организациями «Газпрома» разработаны несколько технологий ремонта магистральных газопроводов. Одной из них является технология ремонта стальными сварными муфтами, которая позволяет не прекращать транспортировку газа на время ремонта. Это в свою очередь снижает недопоставки газа потребителю, затраты на замену трубы, потери газа при опорожнении в атмосферу и потери газа при продувке газопровода.

Целью дипломного проекта является модернизация существующей технологии ремонта магистральных газопроводов стальными сварными муфтами. Усовершенствование достигается внедрением современных сварочных комплексов, способствующих автоматизации сварочных процессов. В дипломном проекте разрабатывается технологический процесс, рассчитываются требуемые капиталовложения на перевооружение производства, рассчитывается трудоемкость, планируемая себестоимость и срок окупаемости капиталовложений, а так же рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		8

жизнедеятельности. Внедрение новой технологии позволит значительно повысить качество сварных соединений, а так же производительность труда, что в свою очередь снизит себестоимость ремонта.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		9

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание конструкций муфт и их назначение [2]

При ремонте газопроводов стальными сварными муфтами должны применяться конструкции муфт, изготовленные в заводских условиях по специальным ТУ, согласованным с ПАО «Газпром». Конструкции муфт приведены в таблице 1.1. Размеры муфт и элементов муфт приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.1– Конструкции муфт для ремонта дефектов газопроводов

№ конструкции муфты	Наименование	Общий вид	Состав конструкции
1	Негерметичная сварная стальная муфта		1 - полумуфта верхняя (1 шт.) 2 - полумуфта нижняя (1 шт.) Подкладные пластины под продольные швы полумуфт (2 шт.)
3	Герметичная сварная стальная муфта		1 - полумуфта верхняя (1 шт.) 2 - полумуфта нижняя (1 шт.) 3 - полукольцо верхнее (2 шт.) 4 - полукольцо нижнее (2 шт.) Подкладные пластины под продольные швы полуколец (4 шт.)
5	Герметичная сварная стальная муфта (узел)		1 - полумуфта внутренняя верхняя (1 шт.) 2 - полумуфта внутренняя нижняя (1 шт.) 3 - полумуфта наружная верхняя (1 шт.) 4 - полумуфта наружная нижняя (1 шт.)

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

10

Изм. Лист № докум. Подп. Дат

Продолжение таблицы 1.1

			<p>5 -полукольцо верхнее (2 шт.) 6 -полукольцо нижнее (2 шт.) Подкладные пластины под продольные швы внутренних полумуфт, полуколец (6 шт.)</p>
6	Герметичная сварная стальная муфта (узел)		<p>1 - полумуфта верхняя (1 шт.) - (полумуфта + два полуднища) 2 - полумуфта нижняя - (полумуфта + два полуднища) - (1 шт.) 3 - полукольцо верхнее (2 шт.) 4 - полукольцо нижнее (2 шт.) Подкладные пластины под продольные швы полуколец (4 шт.)</p>

Таблица 1.2 – Размеры муфт и элементов муфт

Размеры конструктивных элементов муфт, мм					
L	K	B	C	L ₁	K ₁
300-3000	150-300	120-200	70-100	до 6000	300-350

Межтрубное пространство (зазор) между муфтой и ремонтируемым газопроводом (конструкция № 6) при ремонте сквозных дефектов должно обеспечивать возможность установки временной муфты (хомута) для герметизации выхода продукта, при этом:

- для газопровода наружным диаметром 426, 530 мм рекомендуется муфта наружным диаметром 720 мм;
- для газопровода наружным диаметром 720 мм – муфта наружным диаметром 1020 мм;
- для газопровода наружным диаметром 1020 мм – муфта наружным диаметром 1220 мм;

- для газопровода наружным диаметром 1220 мм – муфта наружным диаметром 1420 мм.

На внутренней поверхности полумуфт, полуколец заводского изготовления в зоне свариваемых кромок продольных стыковых соединений должна быть выполнена выборка механическим способом (фрезерованием) для установки подкладной пластины с целью исключения сварки (приварки) продольным швом муфты, колец к поверхности ремонтируемого газопровода. Подкладные пластины под продольные швы полумуфт, полуколец должны изготавливаться из малоуглеродистой листовой стали (марок ВСт. 3сп, 10, 20) толщиной от 2,0 до 3,0 мм, шириной от 25 до 35 мм. Поверхность подкладных пластин, свариваемая с полумуфтами и полукольцами, должна быть зачищена до металлического блеска.

а) Конструкция № 1 – негерметичная сварная стальная муфта.

Муфту рекомендуется применять в зависимости от степени дефектности труб и сварных соединений для ремонта участков газопроводов с поверхностными несквозными дефектами труб и дефектами геометрии и поверхности (вмятины) труб при отсутствии элементов, препятствующих равномерному прилеганию муфты к ремонтируемому газопроводу.

Сборка и сварка – верхние и нижние полумуфты устанавливаются на ремонтируемый газопровод и свариваются между собой на подкладных пластинах горизонтальными продольными стыковыми швами. Муфта не сваривается с ремонтируемым газопроводом.

б) Конструкция № 3 – герметичная сварная стальная муфта.

Муфту рекомендуется применять для ремонта участков газопроводов с поверхностными несквозными дефектами труб и сварных соединений в зависимости от степени дефектности, а также при наличии овальности или кривизны труб, с обеспечением необходимого пространства между муфтой и ремонтируемым газопроводом.

Сборка и сварка:

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		12

- верхние и нижние полукольца устанавливаются на ремонтируемый газопровод и свариваются между собой на подкладных пластинах горизонтальными продольными стыковыми швами;

- кольца с внутренней стороны свариваются с ремонтируемым газопроводом кольцевыми угловыми швами;

- верхние и нижние полумуфты устанавливаются на кольца и свариваются между собой горизонтальными продольными стыковыми швами;

- торцы муфты свариваются с кольцами кольцевыми угловыми швами.

в) Конструкция № 5 – герметичная сварная стальная удлиненная муфта (муфтовый узел).

Муфту рекомендуется применять для ремонта участков газопроводов с поверхностными несквозными дефектами труб и сварных соединений в зависимости от степени дефектности, а также при наличии овальности или кривизны труб, с обеспечением необходимого пространства между муфтой и ремонтируемым газопроводом.

Сборка и сварка:

- верхние и нижние полумуфты внутренней муфты устанавливаются на ремонтируемый газопровод и свариваются между собой на подкладных пластинах горизонтальными продольными стыковыми швами;

- торцы внутренней муфты свариваются с ремонтируемым газопроводом с обеих сторон кольцевыми угловыми швами;

- верхние и нижние полукольца устанавливаются на ремонтируемый газопровод и свариваются между собой на подкладных пластинах горизонтальными продольными стыковыми швами;

- кольца с внутренней стороны свариваются с ремонтируемым газопроводом кольцевыми угловыми швами;

- верхние и нижние полумуфты удлиненной наружной муфты устанавливаются на внутреннюю муфту и кольца и свариваются между собой продольными стыковыми швами;

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		13

- торцы наружной муфты свариваются с кольцами кольцевыми угловыми швами.

г) Конструкция № 6 – герметичная сварная стальная муфта (муфтовый узел). Муфту рекомендуется применять для ремонта участков газопроводов со сквозными дефектами труб и сварных соединений в зависимости от степени дефектности, а также в случаях наличия овальности или кривизны труб, с обеспечением необходимого пространства между муфтой и ремонтируемым газопроводом. Конструкцией муфты предусмотрена возможность установки на сквозной дефект временной муфты (хомута) для герметизации выхода продукта.

Сборка и сварка:

- верхние и нижние полукольца устанавливаются на ремонтируемый газопровод и свариваются между собой на подкладных пластинах горизонтальными продольными стыковыми швами;

- кольца с внутренней стороны свариваются с ремонтируемым газопроводом кольцевыми угловыми швами;

- верхние и нижние полумуфты (состоящие из полудниц и полутруб, предварительно сваренных в заводских условиях) свариваются между собой продольными стыковыми швами;

- торцы муфты свариваются с кольцами кольцевыми угловыми швами.

1.2 Выбор конструкций муфт [2]

Выбор конструкций муфт производится в зависимости от степени дефектности металла труб и сварных соединений газопроводов. Виды дефектов, параметры и их количество определяются по результатам внутритрубной (снарядами Магнитоскан, Ультраскан) и наружной дефектоскопии, визуального, измерительного контроля, неразрушающего контроля физическими методами (радиографическим, ультразвуковым, магнитопорошковым, капиллярным и др.)

При оценке степени дефектности участка газопровода определяются кольцевые напряжения (σ_k) в месте установки ремонтной муфты по формуле:

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		14

$$\sigma_k = \frac{P \cdot (D_H - 2 \cdot S)}{2 \cdot S}, \quad (1)$$

где P – величина рабочего давления в газопроводе, МПа;

D_H – наружный диаметр газопровода, мм;

S – номинальная толщина стенки газопровода, мм.

Значение степени дефектности определяется отношением кольцевых напряжений в стенке газопровода (σ_k) к минимальному нормативному пределу текучести металла трубы ($\sigma_{T \min}$), который может быть меньше или больше 30 %: $(\sigma_k / \sigma_{T \min}) \times 100 \% \leq 30 \%$ или $(\sigma_k / \sigma_{T \min}) \times 100 \% > 30 \%$ и приведены в таблицах 1.3 и 1.4. Выбор и назначение конструкций ремонтных муфт в зависимости от степени дефектности металла труб и сварных соединений газопроводов производится в соответствии с таблицей 1.5.

Таблица 1.3 – Степень дефектности металла газопровода

Тип дефекта	Степень дефектности металла трубопровода			
	малозначительная	средняя	значительная	критическая
Степень дефектности металла трубопровода при $(\sigma_k / \sigma_{T \min}) \times 100\% \leq 30\%$				
Задиры	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,2S$	$0,2S \leq \delta \leq 0,4S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,6S$ при l до $0,75D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,7S$ при l до $1,0D$
Риски, царапины	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,2S$	$0,2S \leq \delta \leq 0,4S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,6S$ при l до $0,75D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,7S$ при l до $1,0D$
Общая коррозия	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,2S$	$0,2S \leq \delta \leq 0,4S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,6S$ при l до $0,75D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,7S$ при l до $1,0D$
Питинговая коррозия	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,4S$	$0,2S \leq \delta \leq 0,6S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,7S$ при l до $0,75D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,7S$ при l до $1,0D$
Несквозные трещины	$\delta \leq 0,02S$	$\delta \leq 0,04S$	$\delta \leq 0,05S$ при l до $0,75D$	$\delta \leq 0,1S$ при l до $1,0D$
Плавные вмятины	$\delta \leq 2,5\%D$	$\delta \leq 3,5\%D$	$\delta \leq 5\%D$	$\delta \leq 6\%D$
Сквозные дефекты*	-	-	-	$\delta = S$
Степень дефектности металла трубопровода при $(\sigma_k / \sigma_{T \min}) \times 100\% > 30\%$				
Задиры	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,12S$	$0,12S \leq \delta \leq 0,2S$ при l до $0,2D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,4S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,6S$ при l до $0,75D$
Риски, царапины	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,12S$	$0,12S \leq \delta \leq 0,2S$ при l до $0,2D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,4S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,6S$
Общая коррозия	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,12S$	$0,12S \leq \delta \leq 0,2S$ при l до $0,2D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,5S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,5S$ при l до $0,75D$
Питинговая коррозия	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,2S$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,4S$ при l до $0,2D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,6S$ при l до $0,5D$	$4,0 \text{ мм} \leq \delta \leq 0,7S$ при l до $0,75D$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

15

Продолжение таблицы 1.3

Несквозные трещины	$\delta \leq 0,01S$	$0,01S \leq \delta \leq 0,02S$ при l до $0,2D$	$\delta \leq 0,025S$ при l до $0,5D$	$\delta \leq 0,05S$ при l до $0,75D$
Плавные вмятины	$\delta \leq 2,5\%D$		$\delta \leq 3,5\%D$	$\delta \leq 5\%D$
Сквозные дефекты*	-		-	$\delta = S$
Примечания: d - глубина дефекта, мм; l - суммарная длина дефектов, мм; S - толщина стенки трубы, мм; D - наружный диаметр трубы, мм; * - Единичный дефект типа "свища".				

Таблица 1.4 - Степень дефектности сварных швов трубопровода

Тип дефекта	Степень дефектности сварных швов трубопровода			
	малозначительная	средняя	значительная	критическая
Степень дефектности сварных швов трубопровода при $(\sigma_k/\sigma_{T \min}) \times 100\% \leq 30\%$				
Поры недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/12 P$	$1/12 P \leq \Sigma d < 1/8 P$	$1/8 P \leq \Sigma d < 1/6 P$	$\Sigma d = 1/6 P$
Шлаковые включения недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/12 P$	$1/12 P \leq \Sigma d < 1/8 P$	$1/8 P \leq \Sigma d < 1/6 P$	$\Sigma d = 1/6 P$
Непровары, несплавления, недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/12 P$	$1/12 P \leq \Sigma d < 1/8 P$	$1/8 P \leq \Sigma d < 1/6 P$	$\Sigma d = 1/6 P$
Наружные дефекты недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/12 P$	$1/12 P \leq \Sigma d < 1/8 P$	$1/8 P \leq \Sigma d < 1/6 P$	$\Sigma d = 1/6 P$
Дефекты сборки недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/12 P$	$1/12 P \leq \Sigma d < 1/8 P$	$1/8 P \leq \Sigma d < 1/6 P$	$\Sigma d = 1/6 P$
Совокупность дефектов недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/12 P$	$1/12 P \leq \Sigma d < 1/8 P$	$1/8 P \leq \Sigma d < 1/6 P$	$\Sigma d = 1/6 P$
Сквозные дефекты	-	-	-	1 ед
Степень дефектности сварных швов трубопровода при $(\sigma_k/\sigma_{T \min}) \times 100\% > 30\%$				
Поры недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/16 P$	$1/16 P \leq \Sigma d < 1/14 P$	$1/14 P \leq \Sigma d < 1/12 P$	$\Sigma d = 1/12 P$
Шлаковые включения недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/16 P$	$1/16 P \leq \Sigma d < 1/14 P$	$1/14 P \leq \Sigma d < 1/12 P$	$\Sigma d = 1/12 P$
Непровары, несплавления недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/16 P$	$1/16 P \leq \Sigma d < 1/14 P$	$1/14 P \leq \Sigma d < 1/12 P$	$\Sigma d = 1/12 P$
Наружные дефекты недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/16 P$	$1/16 P \leq \Sigma d < 1/14 P$	$1/14 P \leq \Sigma d < 1/12 P$	$\Sigma d = 1/12 P$
Дефекты сборки недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/16 P$	$1/16 P \leq \Sigma d < 1/14 P$	$1/14 P \leq \Sigma d < 1/12 P$	$\Sigma d = 1/12 P$
Совокупность дефектов недопустимых размеров	$\Sigma d < 1/16 P$	$1/16 P \leq \Sigma d < 1/14 P$	$1/14 P \leq \Sigma d < 1/12 P$	$\Sigma d = 1/12 P$
Сквозные дефекты*	-	-	-	1 ед
Примечания: Σd (мм) - суммарная максимально допустимая протяженность дефекта (совокупности дефектов). P - периметр сварного шва по наружному диаметру, мм.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

16

Ремонт газопроводов из спиральношовных труб, изготовленных из термоупрочненных сталей, рекомендуется проводить с применением муфт конструкций № 1. Ремонт вмятин в сочетании с другими видами дефектов, отнесенных по степени дефектности к значительным и критическим, должен проводиться только герметичными сварными муфтами (конструкции № 3, 5, 6). Ремонт газопроводов со сквозными дефектами металла труб и/или сварных соединений, отнесенных по степени дефектности к критическим, должен выполняться герметичными сварными муфтами (конструкции № 6) при условии герметизации сквозного дефекта от выхода продукта временной муфтой (хомутом). Допускается выполнять ремонт стальными сварными муфтами конструкций № 3, 5 несквозных и сквозных дефектов труб и сварных швов, предварительно отремонтированных сваркой (наплавкой, заваркой).

Таблица 1.5 - Рекомендуемые конструкции муфт для ремонта дефектов труб и сварных соединений трубопроводов в зависимости от степени повреждения труб и сварных соединений

Конструкция муфты	Степень повреждения труб			
	малозначительная	средняя	значительная	критическая
1	+	+	-	-
3	+	+	+	+
5	+	+	+	+
6	+	+	+	+

1.3 Материал изделия и его свариваемость

Эквивалент углерода для сталей муфт и элементов муфт не должен превышать 0,44 [2]. Материал муфт и элементов муфт должен быть аналогичным материалу газопровода.

Исходя из вышперечисленных требований, в качестве материала муфт и элементов муфт выбирается сталь марки 17Г1С. Характеристики материала перечислены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Характеристики стали 17Г1С (Марочник стали и сплавов www.splav.kharkov.com)

Марка:	17Г1С
Заменитель:	17ГС
Классификация:	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций
Дополнение:	Сталь кремнемарганцовистая
Применение:	Сварные детали, работающие под давлением при температуре от —40 до +475 °С.

Таблица 1.7– Химический состав в % стали 17Г1С (ГОСТ 19281-89)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0.15 - 0.2	0.4 - 0.6	1.15 - 1.6	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08

Таблица 1.8– Механические свойства при температуре 20°С стали 17Г1С (ГОСТ 19281-89)

Сортамент	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	КСУ, кДж / м ²
Лист, ГОСТ 5520-79	510	345-355	23	390-440
Трубы, ГОСТ 10705-80	490	343	20	

Свариваемость-сопротивление металла шва и околошовной зоны образованию трещин и степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла.

Оценка свариваемости выбранного материала осуществляется по эквиваленту углерода, для этого используется формула Сефериана [4]:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{9} + \frac{Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90}, \quad (2)$$

где $C_{\text{ЭКВ}}$ - эквивалентное содержание углерода в стали;

$C, Mn, Cr, Mo, Ni,$ – максимальное содержание элементов в стали.

Тогда

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,2 + \frac{1,6}{9} + \frac{0,3}{9} + \frac{0,3}{18} = 0,43.$$

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		18

Эквивалент содержания углерода $<0,45\%$, то есть сталь не склонна к образованию холодных трещин, а значит, не требуется дополнительного подогрева [4].

В связи с тем, что склонность к образованию горячих трещин определяется путем подсчета серного эквивалента HCS по химическому составу проволоки, этот вопрос будет рассмотрен в разделе «сварочные материалы».

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса [2]

В данном разделе рассматривается технология ремонта магистральных газопроводов стальными сварными муфтами, которая в применяется в ПАО «Газпром».

2.1.1 Подготовка дефектного участка

До начала ремонта газопроводов сварными стальными муфтами с поверхности ремонтного участка газопровода механическим способом должно быть удалено изоляционное покрытие и произведена очистка поверхности на ширину не менее 100 мм от границ предполагаемой установки муфт.

С целью уточнения параметров и границ дефектов, толщины стенки, выявления возможных недопустимых поверхностных дефектов, внутренних дефектов или расслоений металла трубы на расстоянии не менее 100 мм от границ предполагаемой установки муфт должен быть проведен:

- визуальный, измерительный, ультразвуковой контроль основного металла трубы полного периметра очищенной поверхности ремонтного участка газопровода;
- визуальный, измерительный, радиографический или ультразвуковой контроль продольного заводского шва;

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		19

- радиографический или ультразвуковой контроль полного периметра кольцевого сварного шва (при наличии внутри зоны установки муфты кольцевого шва).

Допускается при необходимости применять дополнительные физические методы неразрушающего контроля (магнитный, капиллярный).

При наличии в контролируемой зоне недопустимых поверхностных и/или внутренних дефектов (расслоений), толщины стенки, выходящей за минусовой допуск, место сварки муфты к газопроводу должно быть изменено с перекрытием конечных участков расслоений или дефектов на расстоянии не менее 150 мм в каждую сторону.

Монтаж муфт или элементов муфт следует выполнять с перекрытием дефектного участка на расстояние не менее 150 мм в каждую сторону, при этом предполагаемые кольцевые угловые сварные соединения муфт или элементов муфт должны располагаться на расстоянии не менее 150 мм от кольцевого сварного шва ремонтного участка газопровода.

При монтаже на ремонтируемый участок газопровода двух или более муфт, расстояние между муфтами конструкций № 1 должно быть не менее 150 мм, между муфтами конструкций № 3–6 – не менее $0,5 D$, где D – диаметр газопровода.

2.1.2 Предварительный подогрев

До начала ремонта выполняется предварительный подогрев выборки дефектного участка или свариваемых кромок, включая зоны прилегающих к ним участков поверхности газопровода на расстоянии не менее 100 мм от границ выборки или свариваемых кромок, до температуры, соответствующей требованиям таблицы 2.1. Для предварительного, сопутствующего (межслойного) подогрева кромок свариваемых соединений следует применять установки индукционного нагрева, установки нагрева с применением электронагревателей сопротивления или комбинированного действия, а также газопламенные

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		20

нагревательные устройства (кольцевые газовые подогреватели, однопламенные горелки и др.).

Таблица 2.1. – Температура предварительного подогрева при ремонте сварными стальными муфтами

Класс прочности металла трубы	Температура предварительного подогрева (°С) при толщине стенки трубы, мм						
	До 8,0 включ.	св. 8,0 до 10,0 включ.	св. 10,0 до 12,0 включ.	св. 12,0 до 14,0 включ.	св. 14,0 до 16,0 включ.	св. 16,0 до 18,0 включ.	св. 18,0 до 20,0 включ.
До К52 включ.	+100 ^{+30*}	+100 ^{+30*}	+100 ^{+30*}	+100 ^{+30**}	+100 ^{+30**}	+100 ^{+30**}	+100 ^{+30**}
Св. К52 до К60 включ.	+100 ^{+30**}	+100 ⁺³⁰	+100 ⁺³⁰	+100 ⁺³⁰	+150 ⁺³⁰	+150 ⁺³⁰	+150 ⁺³⁰

Примечания:

* - подогрев до указанной температуры при температуре окружающего воздуха ниже -20 °С или до +50⁺³⁰ °С при температуре окружающего воздуха ниже +5°С и/или наличии влаги в месте ремонта;

** - подогрев до указанной температуры при температуре окружающего воздуха ниже 0 °С или до +50⁺³⁰ °С при температуре окружающего воздуха ниже +5°С и/или наличии влаги в месте ремонта;

В процессе сварки температура предыдущего слоя сварного шва перед наложением последующего слоя должна быть в интервале от +50 °С до +250 °С. Если температура опустилась ниже +50 °С, следует произвести сопутствующий (межслойный) подогрев до температуры +50⁺³⁰ °С.

2.1.3 Сборка продольных стыковых, кольцевых нахлесточных и угловых сварных соединений муфт

До начала сборки муфт усиление продольного заводского шва ремонтного участка газопровода должно быть удалено механическим способом заподлицо с наружной поверхностью газопровода под муфтами и элементами муфт – кольцами на расстоянии не менее 150 мм от предполагаемых границ установки

муфт в каждую сторону с плавным переходом на наружную поверхность заводских швов (шероховатость поверхности не более Rz 32).

До начала сборки к внутренней поверхности элементов муфт (полумуфт, полуколец) со стороны разделки по всей длине свариваемых кромок должны быть выполнены ручной дуговой сваркой прихватки подкладных пластин, при этом концы подкладных пластин должны выступать за торцы элементов муфт на расстояние от 50 до 60 мм в каждую сторону.

Сборка полумуфт, полуколец и их фиксирование на ремонтном участке газопровода должны производиться с применением съемных приспособлений для обеспечения обжатия муфты на газопроводе и необходимых зазоров. В качестве сборочных приспособлений рекомендуются наружные звенные центраторы, преимущественно с гидравлическим приводом, а также приспособления жесткой конструкции типа центраторов-корректоров, цепных домкратов. Количество сборочных приспособлений определяется длиной муфты или ее элементами. При установке муфты на ремонтный участок газопровода запрещается наносить удары кувалдой или другими предметами с целью получения необходимого обжатия.

Продольные стыковые швы полумуфт и полуколец должны быть расположены преимущественно на середине вертикальной образующей ремонтного участка газопровода на расстоянии не менее 100 мм от продольных заводских швов, при этом продольные стыковые швы полумуфт и полуколец должны быть разнесены между собой на расстояние не менее 100 мм.

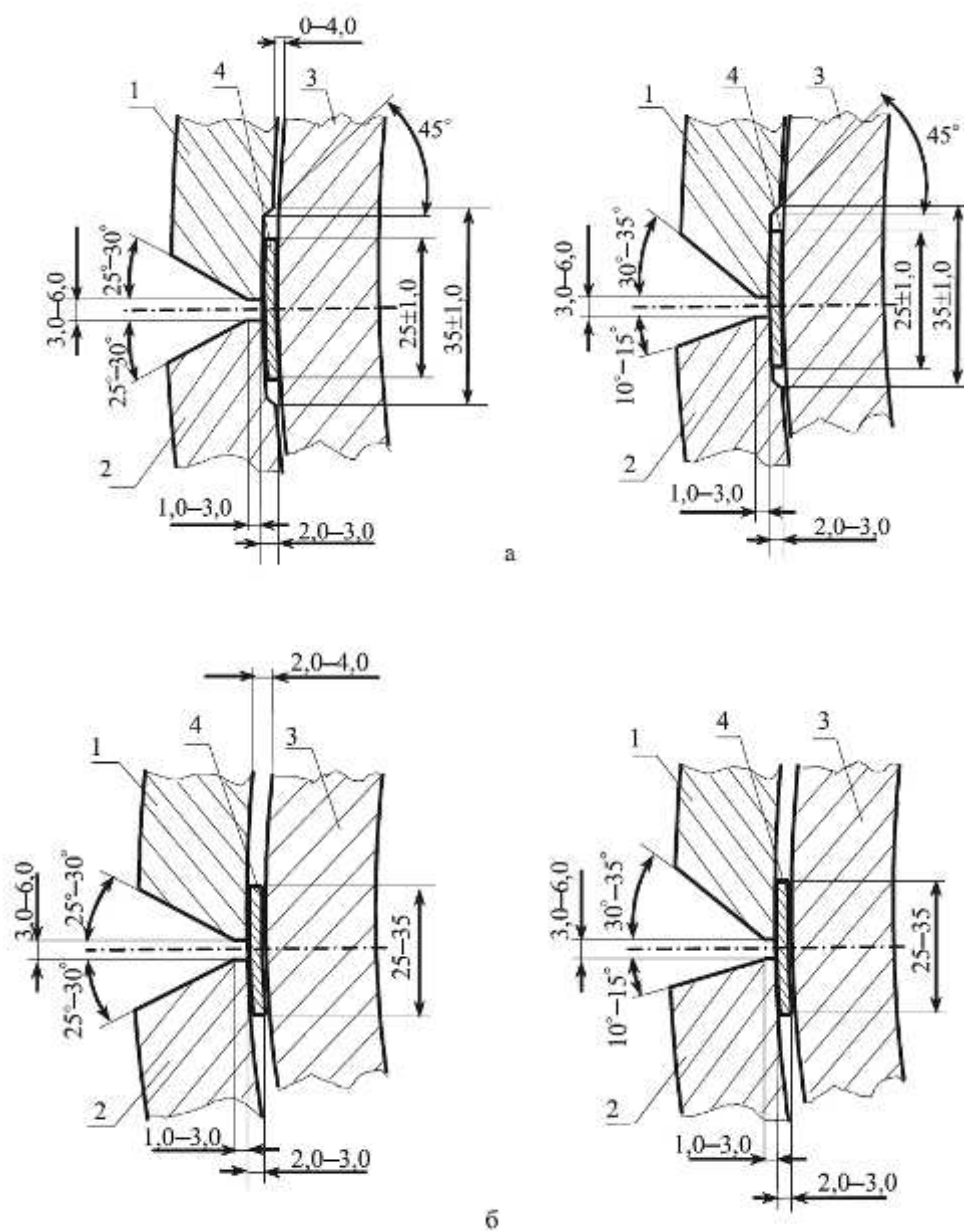
Нахлесточные и угловые соединения муфт и элементов заводского исполнения должны собираться по периметру трубы с равномерным зазором не более 4,0 мм.

Геометрические параметры разделки кромок и сборки продольных стыковых и кольцевых нахлесточных и угловых сварных соединений полумуфт, полуколец на подкладных пластинах приведены на рисунках 2.1, 2.2.

Смещение свариваемых кромок продольных стыковых соединений полумуфт, полуколец не должно превышать 20 % толщины стенки, но не более 3,0 мм. Для муфт с толщиной стенки до 10,0 мм допускается смещение кромок до 40 % толщины стенки, но не более 2,0 мм. Смещение свариваемых торцов нижней и

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		22

верхней полумуфт относительно друг друга должно быть не более 5,0 мм. В случае смещения торцов более 5,0 мм допускается регулировать смещение за счет регулирования зазоров продольных стыковых соединений полумуфт.



- 1 – стенка верхней полумуфты (или полукольца);
- 2 – стенка нижней полумуфты (или полукольца);
- 3 – стенка ремонтного участка газопровода;
- 4 – металлическая подкладная пластина под продольный шов

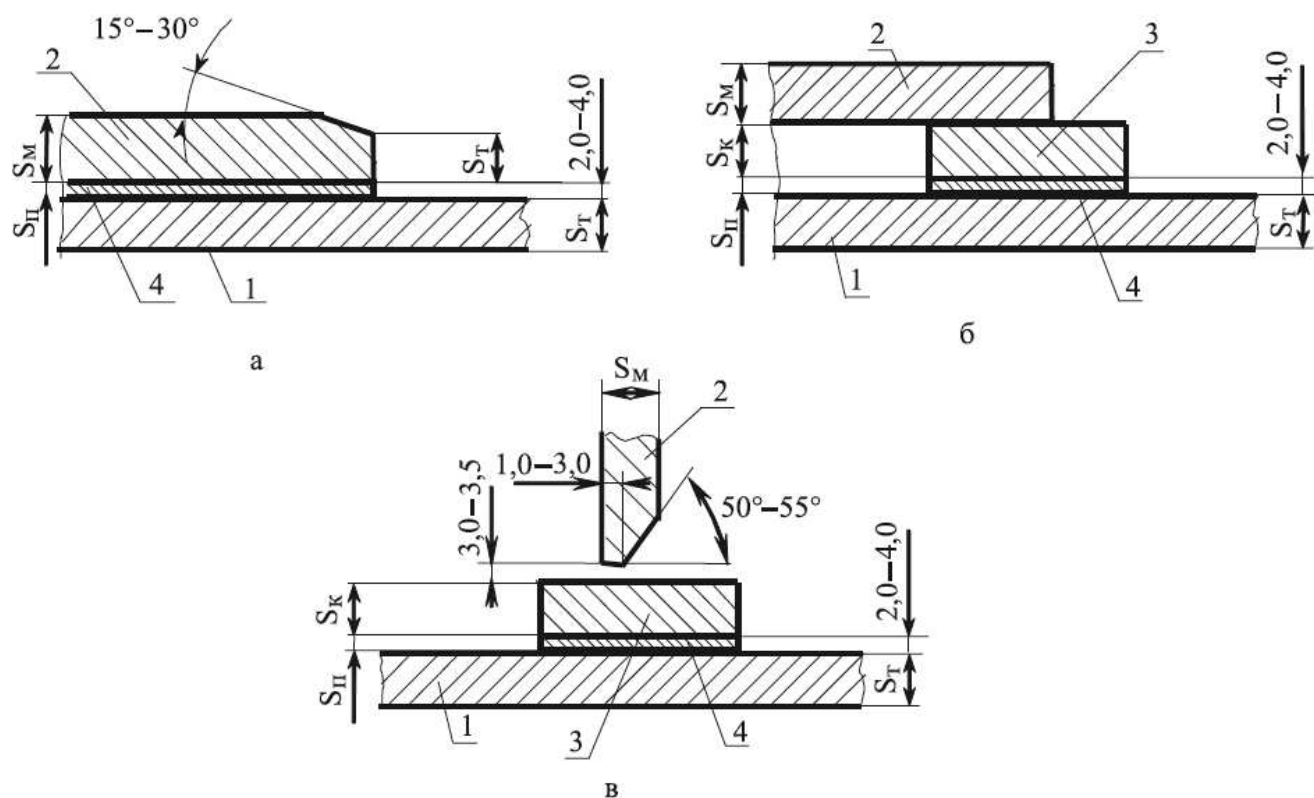
Рисунок 2.1– Разделка кромок и сборка продольных стыковых соединений муфт и элементов муфт с симметричной и несимметричной V-образной разделкой, изготовленных в заводских (а) и трассовых (б) условиях

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

23



- а) при толщине стенки муфты больше толщины стенки ремонтного участка газопровода (конструкция № 1 для изготовления в трассовых условиях);
- б) при одинаковых толщинах стенки ремонтного участка газопровода, кольца, муфты (конструкция № 3, № 5, для изготовления в заводских условиях);
- в) при одинаковых толщинах стенки ремонтного участка газопровода, кольца, муфты (конструкции № 6 для изготовления в заводских условиях);
- 1 – стенка ремонтного участка газопровода; 2 – стенка муфты; 3 – стенка кольца; 4 – металлическая подкладная пластина под продольный шов;
- S_M , S_K , S_T – соответственно толщины стенок муфты, кольца, ремонтного участка газопровода

Рисунок 2.2 – Геометрические параметры сборки нахлесточных и угловых сварных соединений муфты и элементов (кольца) в сечении продольного шва

2.1.4 Сварка продольных стыковых соединений

Ручную дуговую сварку продольных стыковых сварных соединений муфт и элементов (колец) следует выполнять многослойными швами электродами с основным видом покрытия постоянным током обратной полярности. Рекомендуемые режимы сварки приведены в таблице 2.2.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

24

Таблица 2.2 - Рекомендуемые режимы ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия при ремонте муфтами

Слои шва	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток (А) в положении при сварке		
		нижнее	вертикальное	потолочное
Корневой	2,0–2,6	60–90	50–80	50–70
	3,0–3,25	90–120	90–110	80–110
Подварочный	3,0–3,25	90–120	90–110	80–110
	(4,0)	130–180	110–170	110–150
Заполняющие: - первый - последующие	3,0–3,25	90–120	90–110	80–110
	3,0–3,25	100–120	90–110	80–110
	4,0	130–180	110–170	110–150
Облицовочные	3,0–3,25	100–120	90–110	80–110
	4,0	130–180	110–170	110–150

Выполнение прихваток продольных стыковых сварных соединений полумуфт, полуколец должно проводиться равномерно по длине продольных стыковых сварных соединений электродами для сварки корневого слоя шва, длина прихваток должна быть от 30 до 50 мм. Прихватки должны обеспечивать сплавление свариваемых кромок с подкладной пластиной и/или между собой и зачищаться механическим способом.

С целью исключения дефектов начала и конца сварки начало и окончание сварки каждого слоя рекомендуется выполнять на временных выводных технологических планках длиной от 40 до 50 мм. После окончания сварки технологические планки и концы подкладных пластин удаляются механическим способом.

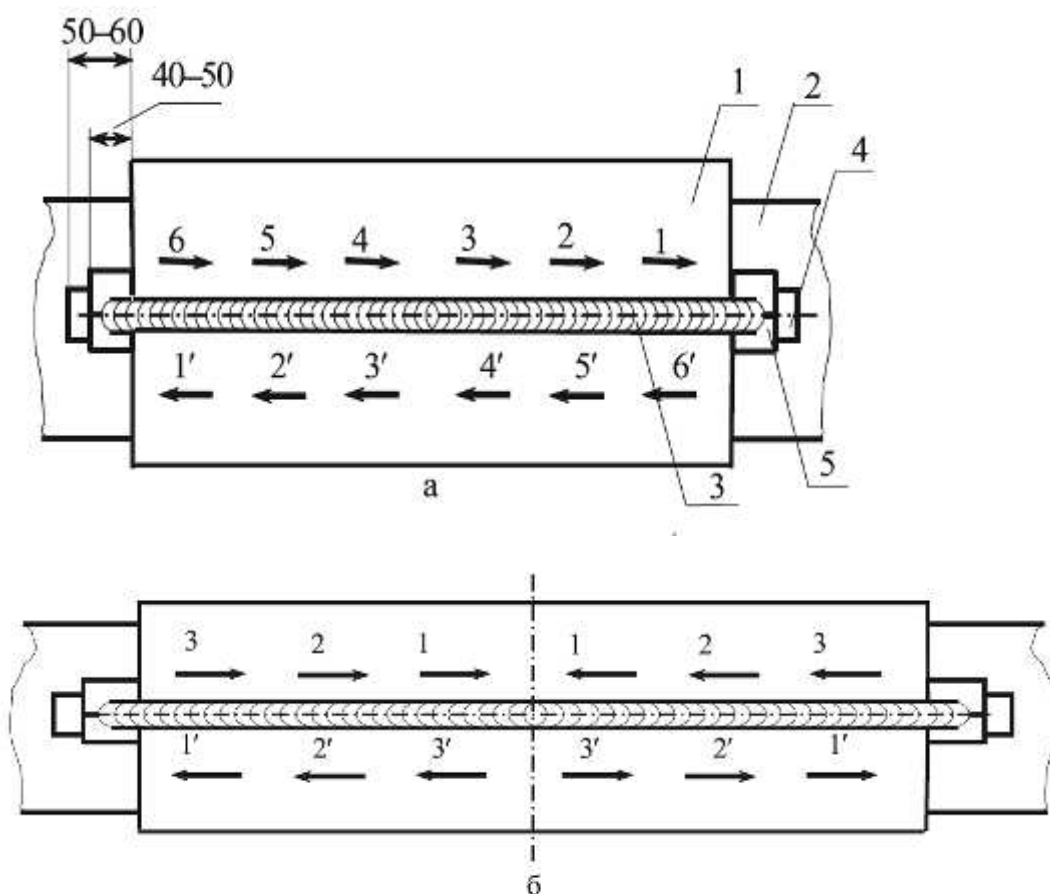
При длине муфт или колец менее 600 мм сварку продольных сварных соединений необходимо выполнять двумя сварщиками одновременно с обеих сторон в противоположных направлениях (справа налево, слева направо), как показано на рисунке 2.2(а). При длине муфт более 600 мм сварку продольных сварных соединений необходимо выполнять четырьмя сварщиками одновременно с обеих сторон (по два сварщика с каждой стороны) в противоположных направлениях (от центра муфты к торцам, от торцов к центру муфты), как показано на рисунке 2.2(б).

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		25

Сварку корневого и первых двух заполняющих слоев следует выполнять электродами диаметром от 2,5 до 3,25 мм обратноступенчатым способом по центру шва, соблюдая правила смещения мест начала и окончания сварки на расстояние от 25 до 30 мм.

Сварка последующих заполняющих и облицовочных слоев шва должна выполняться электродами от 3,0 до 4,0 мм методом непрерывной сварки наложением параллельных валиков (проходов), начиная с нижнего валика (прохода), в тех же направлениях с началом или окончанием сварки на технологических планках.

Последовательность наложения слоев продольных стыковых швов муфт и колец приведена на рисунке 2.3.



1 - муфта; 2 - ремонтируемый газопровод; 3 – сварной шов; 4 – подкладная пластина;
5 - выводная планка

Рисунок 2.3 – Направление и последовательность сварки корневого, первых двух заполняющих слоев продольных швов муфт двумя (а) и четырьмя сварщиками (б)

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

26

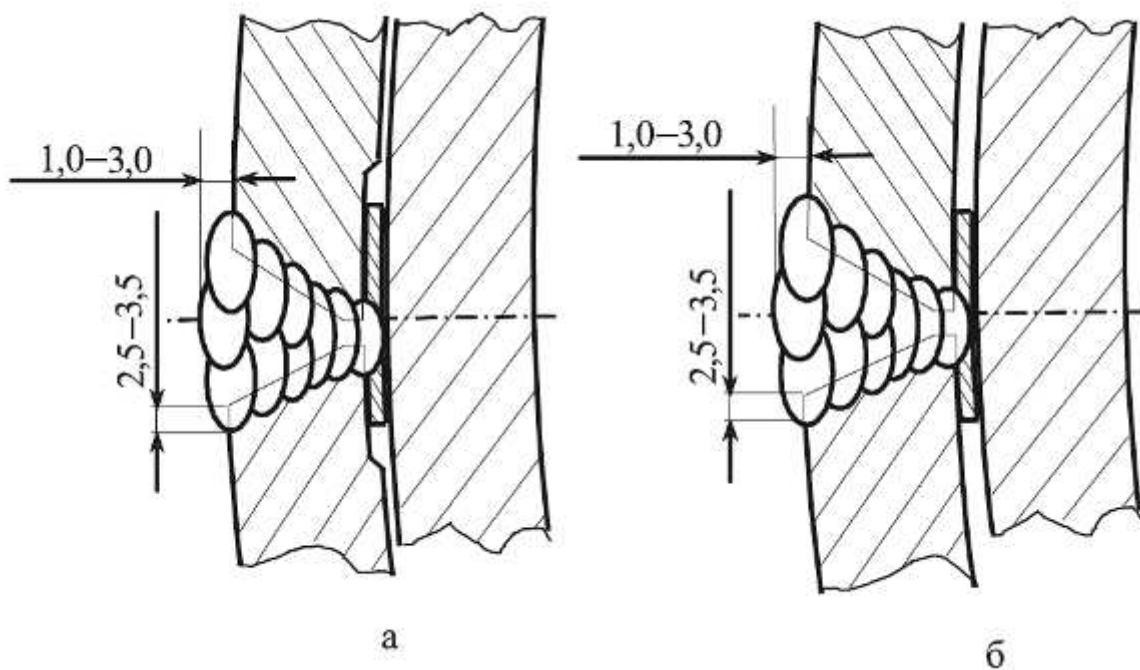


Рисунок 2.4 – Последовательность наложения слоев при сварке продольных швов муфт и колец, изготовленных в заводских (а) и трассовых (б) условиях

2.1.5 Сварка кольцевых нахлесточных и угловых сварных соединений муфт

Ручную дуговую сварку кольцевых нахлесточных и угловых сварных соединений муфт и элементов (колец) с ремонтным участком газопровода следует выполнять многослойными швами электродами с основным видом покрытия.

Сварка прихваток кромок торцов муфты или колец с поверхностью ремонтного участка газопровода выполняется при необходимости обеспечения параметров сборки, при этом прихватки должны быть равномерно распределены по периметру. Количество прихваток и их протяженность в зависимости от диаметра трубы приведены в таблице 2.3. Выполнение прихваток в месте пересечения продольных швов муфты или газопровода не допускается.

Сварку кольцевых нахлесточных соединений муфт или колец с ремонтным участком газопровода с целью снижения тепловложений в основной металл и исключения прожога стенки ремонтного участка газопровода следует выполнять в последовательности, приведенной на рисунке 2.5.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

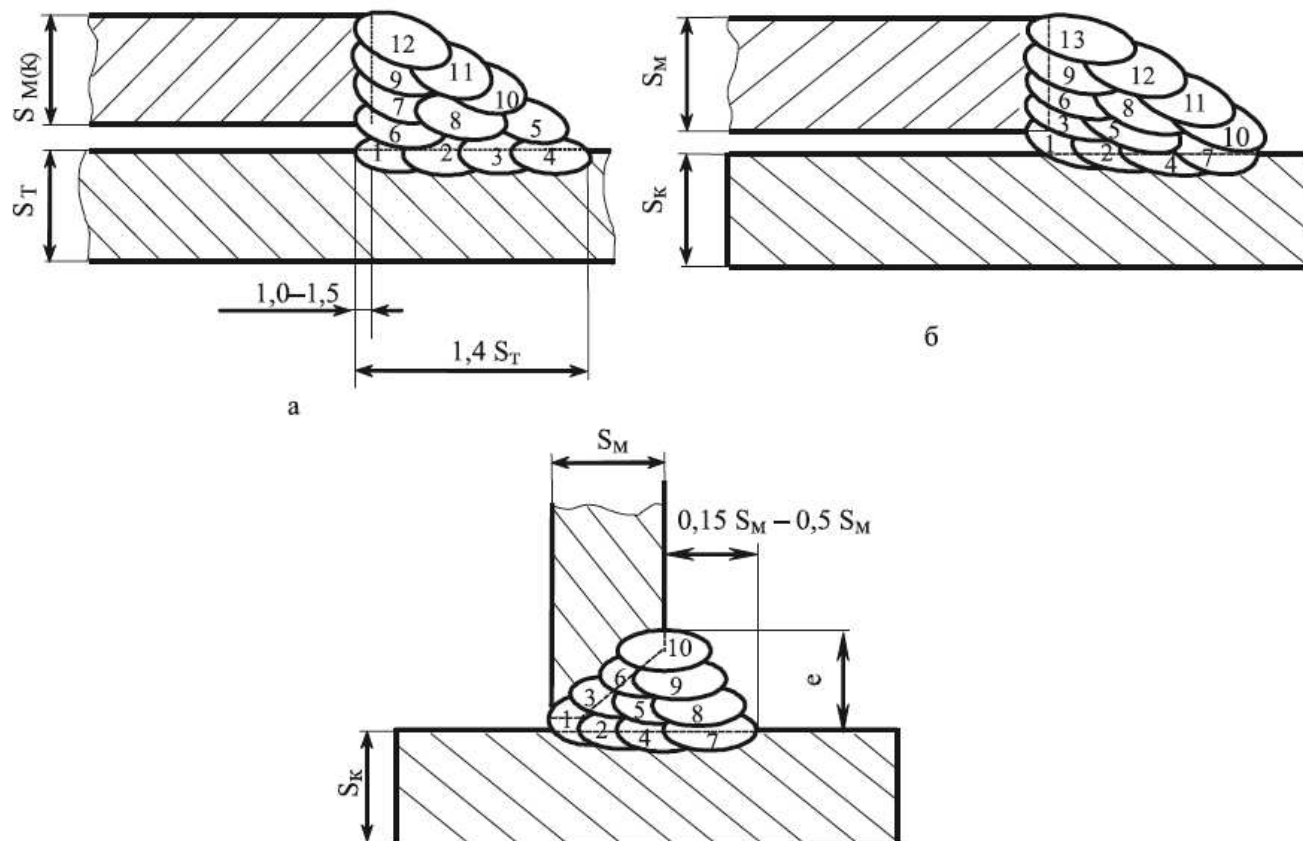
150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

27

Таблица 2.3 – Количество и протяженность прихваток

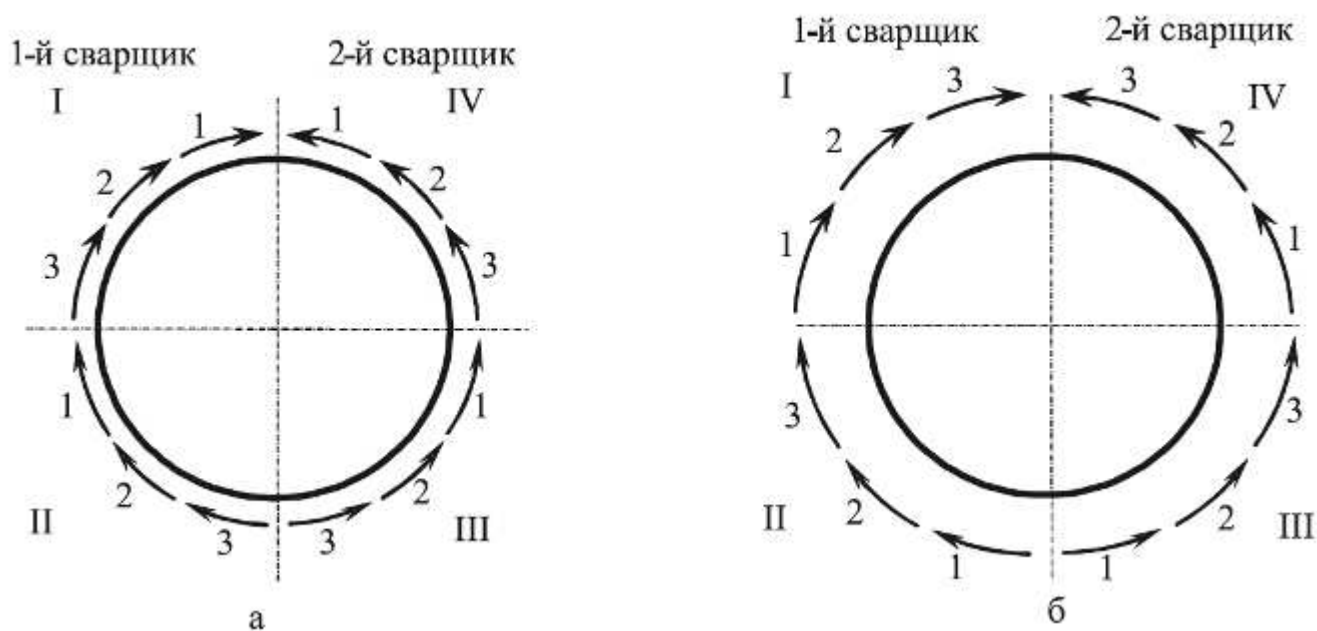
Прихватки	Диаметр трубы, мм		
	до 530	св. 530 до 820 включ.	св. 820 до 1420 включ.
Количество	3-4	4-6	6-8
Протяженность	30-40	40-60	60-100



- а) последовательность сварки кольца с ремонтным участком газопровода (конструкции № 3–6);
 б) последовательность сварки муфты с кольцом (конструкции № 3, 5);
 в) последовательность сварки муфты с кольцом (конструкция № 6); S_M , $S_к$, S_T – соответственно толщины стенки муфты, кольца, ремонтного участка газопровода

Рисунок 2.5 – Последовательность сварки кольцевых угловых швов муфт и элементов (колец)

Наплавку валиков на ремонтный участок газопровода рекомендуется выполнять электродами диаметром от 2,5 до 3,25 мм, на минимальных токах, сварку первого (корневого), заполняющих и облицовочных слоев - электродами диаметром от 3,0 до 4,0 мм. Последовательность сварки приведена на рисунке 2.6.



а) первый (корневой) и заполняющий слой шва; б) последние заполняющие слои шва; 1–3 участки шва; I–IV – квадранты окружности

Рисунок 2.6 – Последовательность сварки снизу вверх кольцевых угловых швов муфт и элементов двумя сварщиками

Сварка кольцевых угловых швов “муфта–кольцо” производится по обычной технологии сварки угловых сварных соединений, т.е. без наплавки дополнительных валиков на кольца.

2.1.6 Замечания и предложения по существующей технологии

Несовершенством рассмотренной технологии ремонта газопроводов стальными сварными муфтами является то, что монтаж муфт осуществляется ручной дуговой сваркой, которая имеет ряд недостатков:

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими способами сварки;

- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;

- отсутствие возможности регулирования глубины проплавления металла и скорости плавления электрода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

29

Невысокая производительность обусловлена малыми допустимыми значениями плотности тока, а также тем, что металл шва формируется в основном за счет электродного металла. В этих условиях определяющим производительность процесса становится коэффициент наплавки. Его значение зависит от физико-химических свойств покрытия, рода тока и его полярности, состава электрода, режима сварки. Так же, производительность процесса снижается за счет дополнительных операций – после каждого прохода необходима зачистка металла от шлака.

Для устранения перечисленных недостатков проектом предлагается автоматизировать процесс сварки.

2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

Технические характеристики газопровода: наружный диаметр – 1020 мм, толщина стенки – 10 мм, коэффициент условий работы участка газопровода III категории – 0,9; максимальная глубина дефектов ремонтируемого участка – 5,0 мм, предел текучести металла трубы по ТУ – 343 МПа (ст.17Г1С).

2.2.1 Выбор конструкции муфты

Выбор конструкции муфты производится в зависимости от степени дефектности, определяемой отношением кольцевых напряжений в стенке газопровода к нормативному пределу текучести металла трубы (см. пункт 1.2):

$$\sigma_k = \frac{3,6 \cdot (1020 - 2 \cdot 10)}{2 \cdot 10} = 180 \text{ МПа};$$

$$\frac{\sigma_k}{\sigma_T} = \frac{180}{343} \cdot 100\% = 53\%.$$

Из расчета следует, что степень дефектности газопровода - значительная, поэтому ремонт следует произвести муфтой конструкции №3 (рисунок 2.10).

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		30

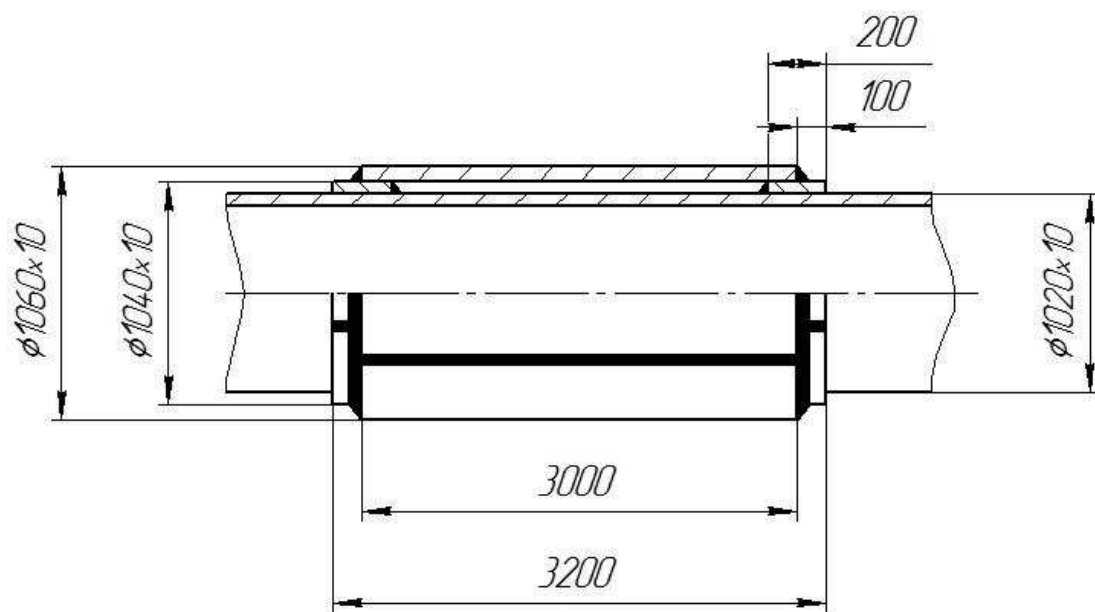


Рисунок 2.7 – Муфта конструкции №3 для ремонта газопровода Ø1020 мм.

2.2.2 Выбор способа сварки

Способ сварки в значительной мере определяет не только качество и трудоемкость изготовления детали, но весь технологический процесс в целом.

Для решения проблем, связанных с применением ручной дуговой сварки предлагается внедрить автоматическую сварку в среде защитных газов плавящимся электродом – для протяженных стыковых соединений полумуфт и кольцевых нахлесточных соединений, а так же полуавтоматическую сварку в среде защитных газов – для сварки непротяженных стыковых соединений полуколец и выполнения прихваток.

Сущность способа сварки в защитных газах заключается в том, что дуга горит в струе защитного газа, оттесняющего воздух из зоны сварки и защищающего расплавленный металл от вредного воздействия газов, содержащихся в атмосфере. Основными преимуществами сварки в среде защитного газа перед другими способами являются:

- надежная защита расплавленного металла от окисления кислородом окружающего воздуха;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

31

- отсутствие обмазок и флюсов при сварке, усложняющих и удорожающих этот процесс;
- высокая производительность;
- возможность сварки в любых положениях;
- возможность наблюдения за процессом формирования сварочного шва и его регулирование
- хороший внешний вид сварного шва и высокие механические свойства соединения.

К недостаткам сварки в защитных газах следует отнести осложнения при проведении сварки на открытом воздухе, особенно в ветреную погоду из-за возможности отдува защитного газа струей воздуха, а также большие выделения вредного газа на рабочем месте сварщика.

Несмотря на указанные недостатки, предлагается именно автоматическая сварка в среде защитных газов, так как преимущества этого способа с избытком перекрывают его недостатки. Кроме того, осуществление ряда мероприятий позволит устранить некоторые отрицательные стороны этого способа [4].

2.2.3 Расчет режимов сварки [3]

Определение параметров технологического процесса дуговой сварки является ключевым звеном технологической подготовки производства сварных конструкций. Формализация этой процедуры сложна вследствие многообразия факторов, влияющих на качество сварного соединения и материальные затраты на него. Важной задачей является обеспечение не только минимальной себестоимости и высокой производительности процесса, но и отсутствие дефектов, хорошая форма сварного соединения и т. д.

Параметрами режима механизированной сварки в среде защитных газов являются: диаметр электродной проволоки $d_э$, сварочный ток $I_{св}$, напряжение на дуге $U_д$, скорость сварки $V_{св}$, скорость подачи электродной проволоки $V_{пп}$.

Режимы сварки рассчитываются из условий соблюдения оптимальных мгновенных скоростей охлаждения в околошовной зоне, при которых достигается отсутствие структур закалки (или структуры перегрева) в околошовной зоне и, как следствие, вероятности появления холодных (либо эксплуатационных) трещин.

2.2.3.1 Расчет режима сварки продольных стыковых соединений полуколец (полумуфт)

Геометрические параметры соединения представлены на рисунке 2.8. Условное обозначение шва С19 (С17) по ГОСТ 14771-76.

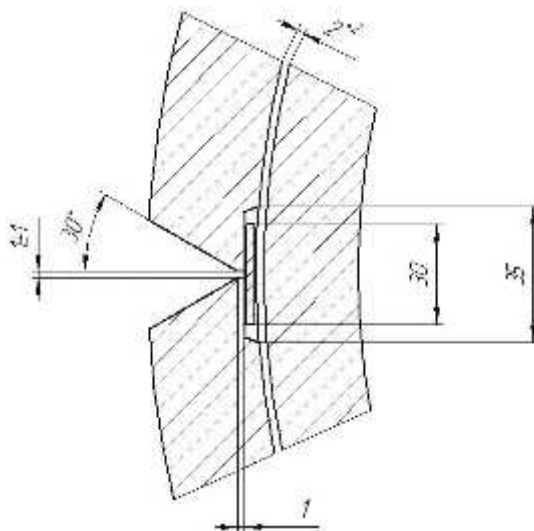


Рисунок 2.8 – Конструктивные элементы кромок и шва

Сварочный ток рассчитывается по формуле:

$$I_{св} = \left(\frac{d_э}{1,13} \right)^2 \cdot j, \quad (3)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки равный 1,6 мм;

$j = 120 \text{ А/мм}^2$ – рекомендуемая плотность тока для данного диаметра проволоки.

$$I_{св} = \left(\frac{1,6}{1,13} \right)^2 \cdot 120 = 240 \text{ А};$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

33

Напряжение на дуге:

$$U_d = 20 + \frac{50I_{св}}{1000 \cdot \sqrt{d_э}} \pm 1; \quad (4)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 240}{1000 \cdot \sqrt{1,6}} \pm 1 = 30 \text{ В.}$$

Для расчета скорости сварки необходимо определить площадь наплавленного металла.

Общая площадь наплавленного металла:

$$F_H = h^2 \cdot tg\alpha + b \cdot S + \frac{2}{3} q \cdot (2h \cdot tg\alpha + b + 6), \quad (5)$$

где $h = 9$ мм – толщина деталей минус притупление;

$\alpha = 30^\circ$ - угол разделки одной кромки.

$b = 1$ мм – зазор между деталями;

$S = 10$ мм – толщина деталей;

$q = 2$ мм – усиление шва;

Тогда

$$F_H = 9^2 \cdot tg30^\circ + 1 \cdot 10 + \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot (2 \cdot 9 \cdot tg30^\circ + 1 + 6) = 80 \text{ мм}^2;$$

Обычно первый валик многопроходного шва выполняется с меньшей площадью поперечного сечения, поэтому в расчетах принимается:

1) $F_1 = 20 \text{ мм}^2$ – площадь поперечного сечения металла, наплавленного за первый проход;

2) $F_H = 30 \text{ мм}^2$ – площадь поперечного сечения металла, наплавленного за последующие проходы.

а) Скорость сварки для выполнения первого прохода:

$$V_{св} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_1}, \quad (6)$$

где $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ - плотность металла

α_H – коэффициент наплавки, определяемый по формуле:

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		34

$$\alpha_n = \alpha_p \left(1 - \frac{\psi}{100}\right), \quad (7)$$

где α_p – коэффициент расплавления равный 15 г/Ач (рисунок 2.9);

ψ - коэффициент потерь при сварке в защитном газе равный:

$$\psi = -4,72 + A \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (8)$$

где $A=17,3$ – коэффициент зависящий от защитного газа.

$$\psi = -4,72 + 17,3 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} 120^2 = 9,95;$$

Поэтому

$$\alpha_n = 15 \left(1 - \frac{9,95}{100}\right) = 13,5 \frac{\text{гА}}{\text{ч}};$$

Тогда

$$V_{\text{св}} = \frac{13,5 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,2} = 0,58 \frac{\text{см}}{\text{с}};$$

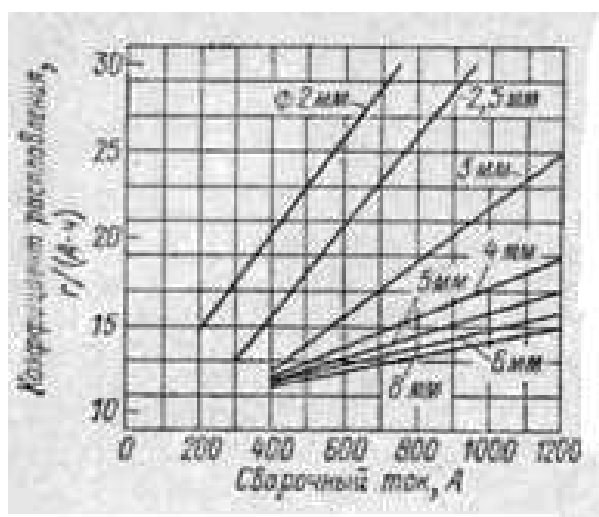


Рисунок 2.9 - Зависимость коэффициента расплавления от диаметра сварочной проволоки и сварочного тока [3]

Погонная энергия сварки:

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 I_{\text{св}} U_{\text{д}} \eta}{V_{\text{св}}}, \quad (9)$$

где $\eta = 0,85$ – КПД процесса.

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 \cdot 240 \cdot 30 \cdot 0,85}{0,58} = 2533 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

35

б) Скорость сварки для выполнения второго и третьего проходов.

$$V_{\text{св}} = \frac{13,5 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,3} = 0,39 \text{ см/с};$$

Погонная энергия сварки:

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 \cdot 240 \cdot 30 \cdot 0,85}{0,39} = 3767 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Скорость подачи проволоки:

$$V_{\text{пп}} = \frac{\alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_3}, \quad (10)$$

где F_3 – площадь поперечного сечения электрода.

$$V_{\text{пп}} = \frac{15 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,02} = 6,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Вылет электрода назначается $l_3=15$ мм.

Расход защитного газа $Q=18$ л/мин.

Мгновенная скорость охлаждения зоны термического влияния (ЗТВ) находится по номограмме (рисунок 2.10).

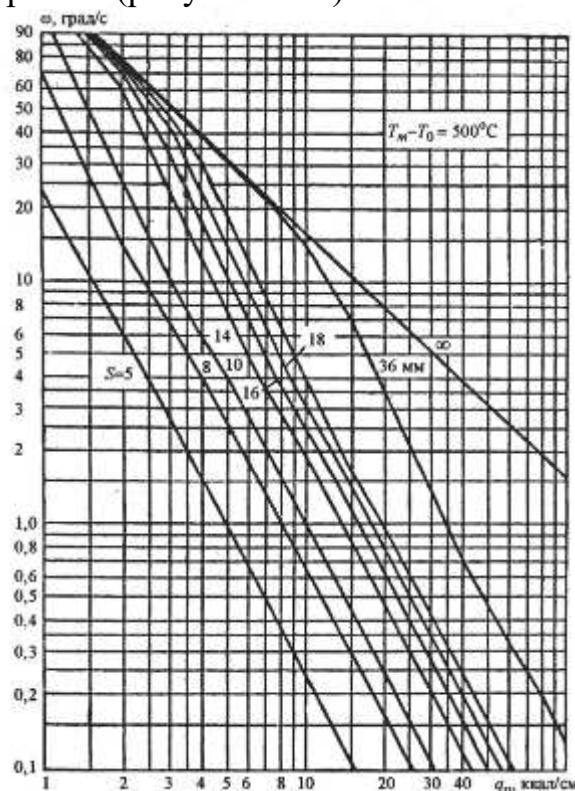


Рисунок 2.10 – Номограмма для определения скорости охлаждения ЗТВ [4]

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

36

Из номограммы видно, что скорость охлаждения при сварке первого прохода $\omega_1 = 16^\circ\text{C} / \text{с}$, при сварке второго и третьего проходов $\omega_{п} = 10^\circ\text{C} / \text{с}$. Для стали 17Г1С оптимальный интервал скоростей охлаждения находится в пределах $10\text{-}30^\circ\text{C} / \text{с}$, следовательно при сварке на рассчитанных режимах в ЗТВ соединения не возникнет закалочных структур и структур перегрева.

2.2.3.2 Расчет режима сварки кольцевых нахлесточных соединений.

Геометрические параметры соединения представлены на рисунке 2.11
Условное обозначение шва Н1 по ГОСТ 16037-80.

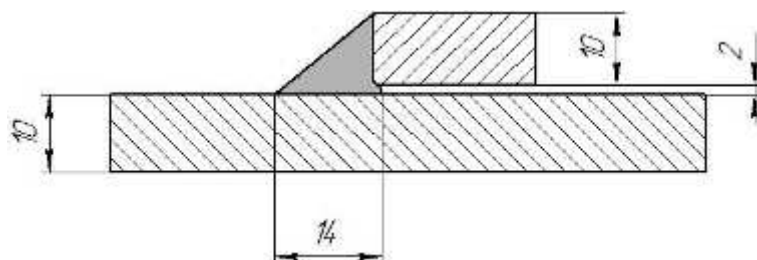


Рисунок 2.11 – Геометрические параметры нахлесточного соединения

Сварку угловых швов кольцевых нахлесточных соединений муфт или колец с ремонтным участком газопровода с целью снижения тепловложений в основной металл и исключения прожога стенки ремонтного участка газопровода следует выполнять в следующей последовательности:

- наплавка трех (четырёх) параллельных валиков на поверхность полного периметра газопровода ниточными швами с перекрытием между собой от 1,5 до 2,0 мм с глубиной проплавления не более 2,4 мм, при этом ширина наплавленных валиков должна составлять не менее 1,4 толщины стенки газопровода;

- сварка первого (корневого) слоя шва;
- сварка заполняющих и облицовочных слоев шва.

а) Расчет режима наплавки валиков.

Сварочный ток находится по формуле:

$$I_{св} = \frac{h}{k_h} \cdot 100, \quad (11)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

37

где h – глубина проплавления равная 2,4;

$k_h = 2,3$ – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки.

$$I_{св} = \frac{2,4}{2,3} \cdot 100 = 104 \text{ А.}$$

Плотность тока:

$$j = \frac{I_{св} \cdot 4}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{104 \cdot 4}{3,14 \cdot 1,6^2} = 50 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}. \quad (12)$$

Напряжение на дуге:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 104}{1000 \cdot \sqrt{1,6}} \pm 1 = 24 \pm 1 \text{ В.}$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{P}{I_{св}}, \quad (13)$$

где $P = 5000 \dots 8000$ м/ч – коэффициент, зависящий от диаметра электрода.

$$V_{св} = \frac{5000}{104} = 48,1 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 1,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Погонная энергия сварки:

$$q_{п} = \frac{0,24 \cdot 104 \cdot 24 \cdot 0,85}{1,3} = 392 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Коэффициент формы провара определяется по формуле:

$$\varphi_{пр} = k(19 - 0,01 \cdot I_{св}) \frac{d_3 I_{св}}{U_d}, \quad (14)$$

где k – некоторый коэффициент, при сварке постоянным током на обратной полярности при плотностях тока $j \leq 120$ А/мм²:

$$k = 0,367 \cdot j^{0,1925},$$

Поэтому

$$\varphi_{пр} = 0,367 \cdot 50^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 104) \frac{1,6 \cdot 104}{24} = 2,2.$$

Оптимальное значение для коэффициента формы провара $\psi = b/h$ должно находится в пределах $0,8 < \varphi_{пр} < 4$. При значениях $\varphi_{пр} < 0,8$ возрастает склонность

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

38

швов к горячим трещинам, а при $\varphi_{пр} > 4$ нерационально используется тепловая мощность дуги, что приводит к повышенному короблению конструкций. Рассчитанное значение $\varphi_{пр}$ удовлетворяет требованиям.

Глубина провара при данном рассчитанных параметрах режима:

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{q_{п}}{\varphi_{пр}}}, \quad (15)$$

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{392}{2,2}} = 2,2 \text{ мм.}$$

Площадь наплавленного металла:

$$F_{н} = \frac{\alpha_{р} \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{св}}, \quad (16)$$

где $\alpha_{р} = 12$ г/Ач – коэффициент расплавления (рисунок 2.11).

$$F_{н} = \frac{12 \cdot 104}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,3} = 3,4 \text{ мм}^2.$$

Высота усиления шва:

$$e = \frac{F_{н}}{0,73h'}, \quad (17)$$

$$e = \frac{3,4}{0,73 \cdot 2,2} = 2 \text{ мм.}$$

Отсюда видно, что рассчитанные параметры режима удовлетворяют требованиям.

б) Расчет режима сварки.

Площадь наплавленного металла определяется по формуле:

$$F_{н} = \frac{K^2}{2}, \quad (18)$$

где $K=12$ мм – катет шва.

$$F_{н} = \frac{12^2}{2} = 72 \text{ мм}^2.$$

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		39

Так как площадь достаточно большая, сварку необходимо выполнять в три прохода, при этом площадь наплавленного металла за каждый проход будет равна 24 мм².

Сварочный ток определяется по формуле:

$$I_{\text{св}} = \left(\frac{d_3}{1,13} \right)^2 j, \quad (19)$$

где $j = 120 \text{ А/мм}^2$ – рекомендуемая плотность тока для данного диаметра проволоки.

$$I_{\text{св}} = \left(\frac{1,6}{1,13} \right)^2 120 = 240 \text{ А},$$

Напряжение на дуге рассчитывается по формуле (4):

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 240}{1000 \cdot \sqrt{1,6}} \pm 1 = 30 \text{ В}.$$

Коэффициент потерь при сварке в защитном по формуле (8):

$$\psi = -4,72 + 17,3 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 = 9,95;$$

Коэффициент наплавки, определяемый по формуле (7):

$$\alpha_{\text{н}} = 15 \left(1 - \frac{9,95}{100} \right) = 13,5 \frac{\text{гА}}{\text{ч}};$$

Скорость сварки по формуле (6):

$$V_{\text{св}} = \frac{13,5 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,24} = 0,48 \frac{\text{см}}{\text{с}};$$

Погонная энергия по формуле (9):

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 \cdot 240 \cdot 30 \cdot 0,85}{0,48} = 3060 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Скорость подачи проволоки по формуле (10):

$$V_{\text{пп}} = \frac{15 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,02} = 6,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Вылет электрода назначается $l_3 = 15 \text{ мм}$.

Расход защитного газа $Q = 18 \text{ л/мин}$.

Мгновенная скорость охлаждения зоны термического влияния (ЗТВ) находится по номограмме (рисунок 2.11) и равна $12 \text{ }^\circ\text{С/с}$. Для стали 17Г1С

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		40

оптимальный интервал скоростей охлаждения находится в пределах 10-30 °С /с, следовательно при сварке на рассчитанных режимах в ЗТВ соединения не возникнет закалочных структур и структур перегрева.

2.2.4 Выбор сварочных материалов

2.2.4.1 Выбор сварочной проволоки

В качестве присадочного материала предлагается проволока стальная сварочная Св-08Г2С Ø 1,6 мм (ГОСТ 2246-70). Применение данной проволоки обеспечивает высокие механические свойства металла шва и небольшое количество шлаковых включений. Химический состав проволоки приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Химический состав проволоки Св-08Г2С, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	≤0,2	≤0,25	-	-	<0,025	<0,03

Склонность к образованию горячих трещин определяется путем подсчета серного эквивалента HCS:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + 0,04 \cdot Si + 0,01 \cdot Ni)}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \cdot 10^3, \quad (20)$$

где C, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – содержание элементов в составе проволоки, %

Тогда

$$HCS = \frac{0,11 \cdot (0,025 + 0,03 + 0,04 \cdot 0,95 + 0,01 \cdot 0,25)}{3 \cdot 2,1 + 0,2} \cdot 10^3 = 1,62.$$

HCS < 4, следовательно, сталь не склонна к образованию горячих трещин и предварительный подогрев не требуется.

2.2.4.2 Выбор защитного газа

В качестве защитной среды предлагается использовать двойную смесь газов на основе аргона (СГОА) К20, состоящую из 20% CO₂ и 80% Ar (ТУ 2114-004-00204760-99). Данная смесь по сравнению с углекислым газом имеет ряд преимуществ:

1) Происходит резкое снижение разбрызгивания электродного металла за счет меньшего поверхностного натяжения расплавленного металла, а так же уменьшение количества крупных брызг. Зависимость интенсивности разбрызгивания жидкого металла Y от состава защитного газа и расстояния l от сопла горелки до свариваемых деталей приведена на рисунке 2.12

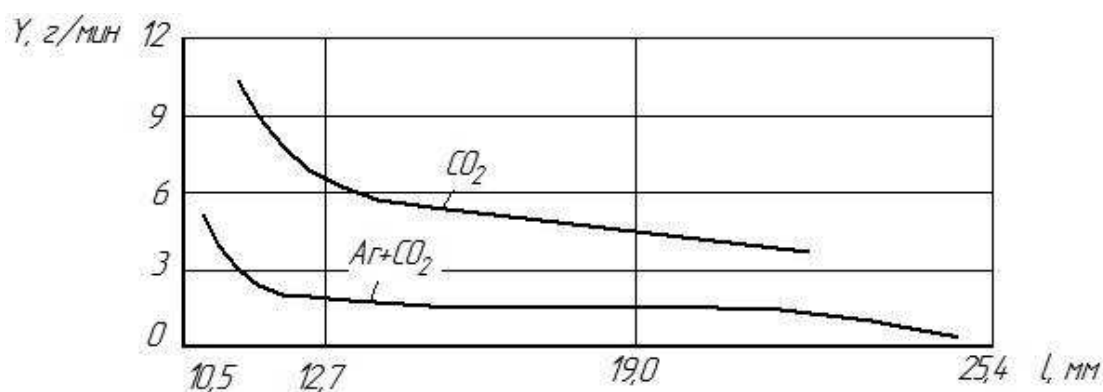


Рисунок 2.12 – Снижение разбрызгивания при использовании СГОА

2) Уменьшение разбрызгивания металла приводит к повышению производительности труда (повышается скорость сварки, снижаются затраты времени на зачистку основного металла от брызг и шлака).

3) Металл сварных швов отличается низким содержанием газов, пор и неметаллических включений.

4) Повышаются механические свойства металла за счет лучшего формирования шва, при этом измельчается зерно. Металл шва становится более плотным, но обладает большей пластичностью.

5) При сварке в CO₂ получается выпуклая поверхность сварного шва, а при сварке в СГОА поверхность шва гладкая плоская, без крупных чешуек (рисунок 2.13).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

42

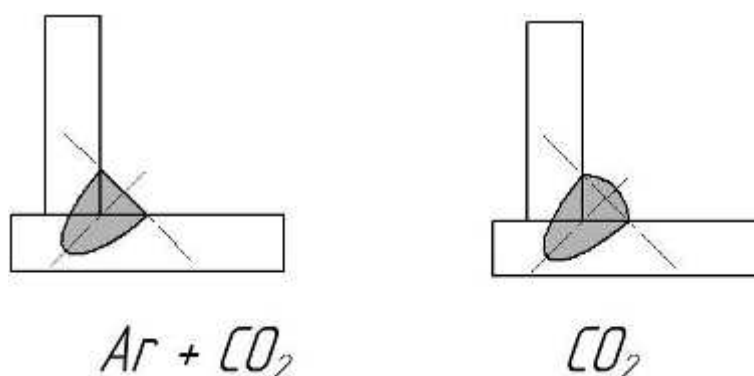


Рисунок 2.13 – Форма шва при сварки в СГОА и CO_2

б) Улучшаются условия труда: выделяется значительно меньшее количество дыма и сварных аэрозолей.

К недостаткам сварки в СГОА относится повышенный нагрев сварочной проволоки и элементов сварочной горелки.

Однако этот недостаток исправляется путем применения горелок со встроенным отсосом сварочных аэрозолей – смесей пыли и газов, способствующих повышению температуры элементов горелки. Так же применяются специальные блоки водяного охлаждения горелки.

2.2.5 Выбор сварочного оборудования

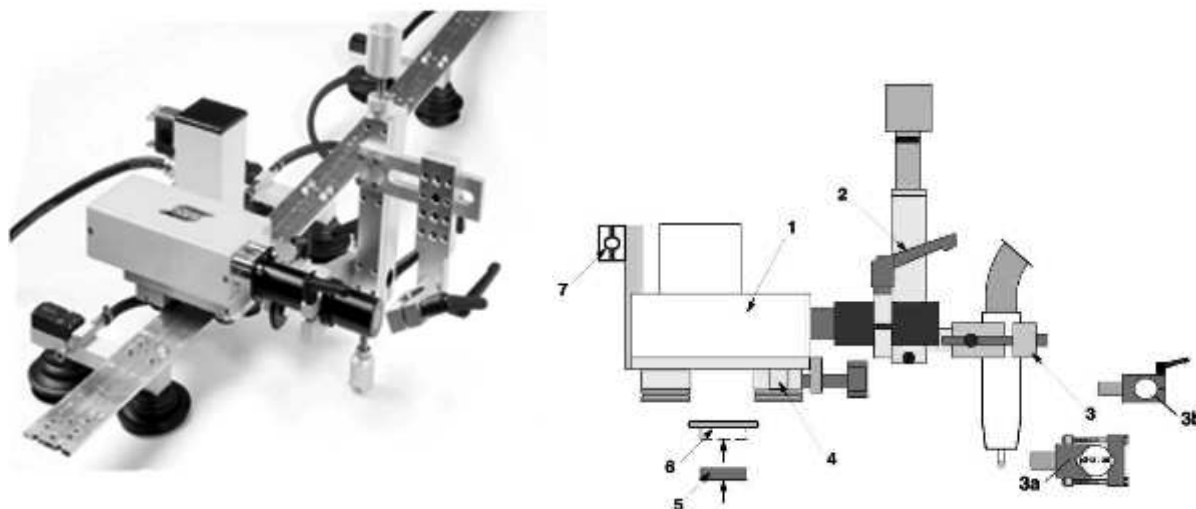
Для сварки продольных стыковых соединений предлагается использовать сварочную каретку ESAB Railtrac 1000 (рисунок 2.14).

Автоматическая сварочная установка Railtrac 1000 – это легко собираемая модульная система для механизации сварки на основе гибких направляющих рельсов. Большинство элементов выполнены из алюминиевого сплава или нержавеющей стали, что позволяет многократно использовать их в самых неблагоприятных условиях работы. Система Railtrac собирается из модулей. Различное их сочетание позволяет собрать четыре базовых модели оборудования, выполняющих пять различных программ, включая сварку прерывистым швом. Направляющий рельс может крепиться на поверхности вакуумными присосками

эжекторного типа, винтовыми креплениями или постоянными магнитами. Технические характеристики представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Технические характеристики ESAB Railtrac 1000

Потребляемая мощность	80 Вт
Скорость сварки	10 -150 см/мин
Скорость калеканий	6-60 мм/с
Амплитуда калеканий	1 - 30 мм
Остановка в конце шва	0,0-9,9 с
Смещение нулевой линии	±12,5 мм
Габариты	170x350x190 мм
Масса	7 кг



1- узел колебаний; 2 - суппорт установки высоты; 3 - держатель горелки; 4 – каретка; 5 - жесткая подкладка; 6 - гибкий рельс; 7 - держатель связки шлангов и кабелей.

Рисунок 2.14 - Сварочная каретка ESAB Railtrac 1000

Для сварки кольцевых нахлесточных соединений предлагается использовать сварочную каретку ESAB Railtrac Orbital W. (рисунок 2.18). Устройство Railtrac Orbital W является небольшим, компактным самоходным сварочным трактором, использующим стандартную сварочную горелку. Устройство быстро монтируется на трубу. Два механизма перемещения со своими приводными

электродвигателями обеспечивают стабильное и плавное перемещение устройства по направляющему пути. Технические характеристики представлены в таблице 2.5.

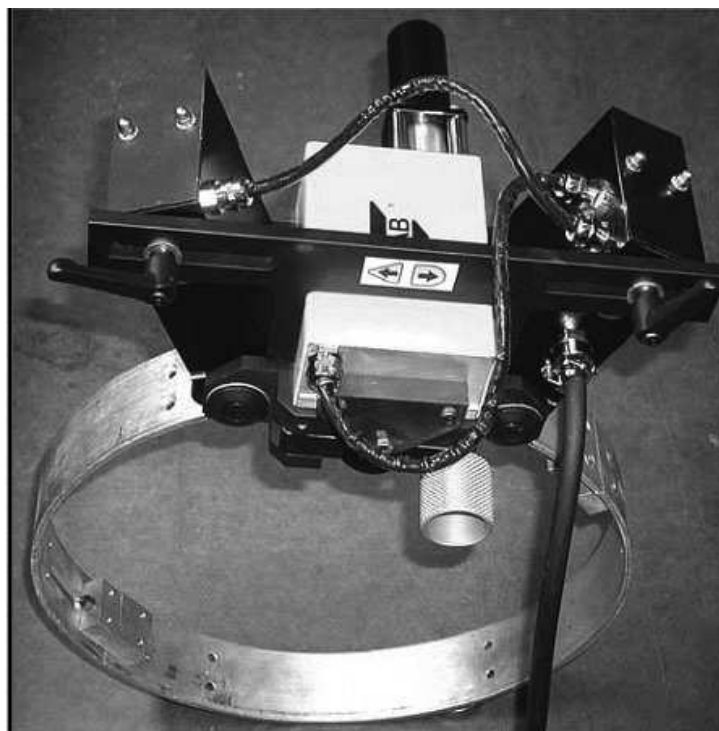


Рисунок 2.15 - Сварочная каретка ESAB Railtrac Orbital W

Таблица 2.5 - Технические характеристики установки ESAB Railtrac Orbital W

Потребляемая мощность	90 Вт
Скорость сварки	5 -99 см/мин
Скорость калеканий	6-60 мм/с
Амплитуда калеканий	1 - 30 мм
Остановка в конце шва	0,0-9,9 с
Смещение нулевой линии	±12,5 мм
Габариты	312x327x181 мм
Масса	8 кг

Сварочные установки Railtrac Orbital W и Railtrac 1000 оснащены блоком управления и пультом дистанционного управления (рисунок 2.20), который позволяет управлять:

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		45

- положением начала и конца сварки;
- скоростью и направлением сварки/резки;
- амплитудой колебаний;
- смещением осевой линии;
- включением/выключением ускоренного перемещения;
- функцией заварки кратера;
- вводом сварочных параметров (потенциометрами)

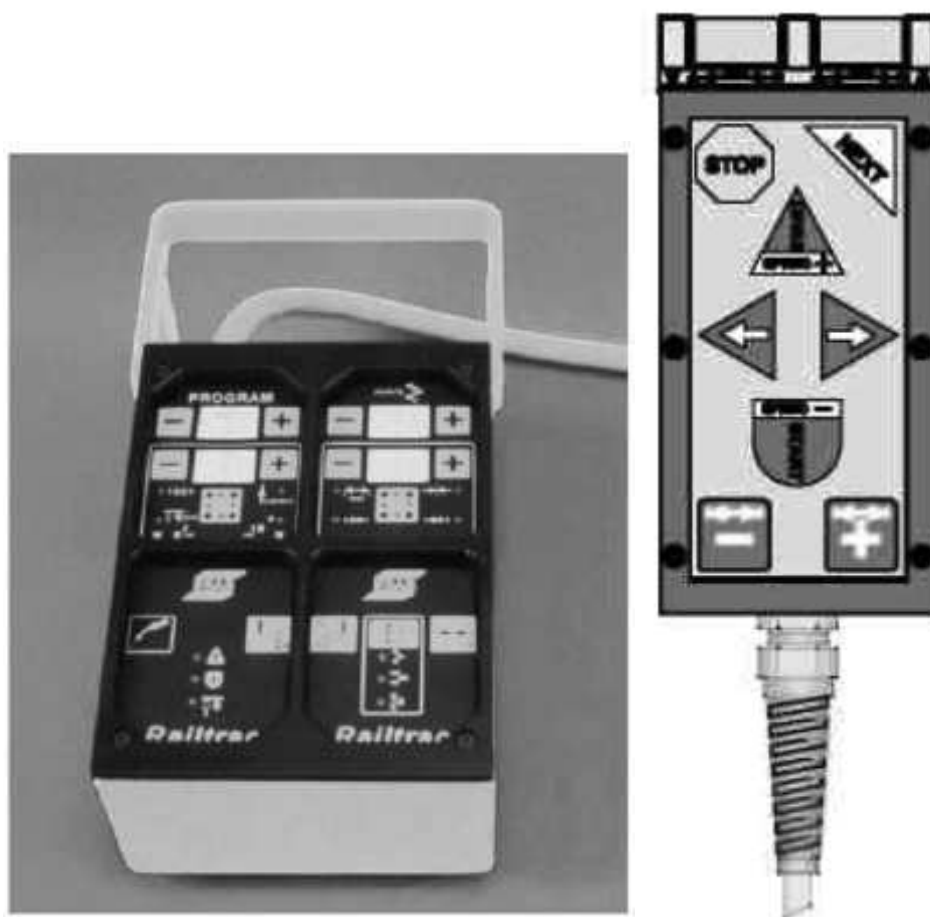


Рисунок 2.16 – Блок управления и пульт дистанционного управления

2.2.6 Выбор источника питания

Автоматические сварочные установки поставляются совместно со сварочными аппаратами KEMPI FastMig Pulse 350 (рисунок 2.17) с использованием технологии WiseRoot. Технические характеристики аппарата представлены в таблице 2.5.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		46



Рисунок 2.17 - Сварочный аппарат КЕМРРІ FastMig Pulse 350

Таблица 2.5 – Технические характеристики сварочного аппарата КЕМРРІ FastMig Pulse 350

Напряжение сети	3~, 50/60 Гц	400 В (-15...+20 %)
Номинальная мощность	ПВ 60 %	
	ПВ 80 %	16,0 кВА
	ПВ 100 %	15,3 кВА
Сетевой кабель / предохранитель с задержкой срабатывания		4G6 (5 м) / 25 А
Нагрузка при 40 °С	ПВ 60 %	
	ПВ 80 %	350 А
	ПВ 100 %	330 А
Диапазон сварочного тока и напряжения	ММА	10...350 А
	МIG	8...50 В
Макс. напряжение при сварке ММА		49 В
Напряжение холостого хода при сварке ММА		50 В
Напряжение холостого хода при сварке MIG/MAG/Pulse		80 В
Мощность холостого хода		100 Вт
КПД		88 %

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

47

Продолжение таблицы

Коэффициент мощности (cos φ)		0,85
Диапазон температуры хранения		-40...+60 °С
Диапазон рабочей температуры		-20...+40 °С
Класс защищенности		IP 23 S
Габаритные размеры		590 x 230 x 430 мм
Масса		36 кг
Питание вспомогательных устройств		50 В пост. тока
X14, X15		предохранитель 6,3 А с задержкой срабатывания
Питание блока охлаждения		24 В пост. тока, 50 ВА

Технология WiseRoot – это технология сварки корневого слоя шва модифицированной короткой дугой. Технология основана на цифровом контроле и регулировке электроникой сварочного аппарата параметров дуги – сварочного тока и напряжения. Технология применима для сварки низкоуглеродистых и легированных сталей, облегчает и ускоряет работу сварщика. Дуга стабильная и почти без брызг, дающая соединение превосходного качества при правильно подобранных параметрах. Техническим результатом является низкое тепловложение, снижающее деформации.

Сварочный аппарат оснащен механизмом подачи проволоки MXF 67 (рисунок 2.18), технические характеристики которого занесены в таблицу 2.6.



Рисунок 2.18 – Механизм подачи проволоки MXF 67

Таблица 2.6 – Технические характеристики механизма подачи проволоки MXF 67

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		48

Рабочее напряжение, В пост.тока	50
Номинальная мощность, Вт	100
Скорость подачи сварочной проволоки, м/мин.	0 ... 25
Присадочная проволока \varnothing , мм Fe, нерж. сталь	0,6 ... 1,6
Катушка проволоки, макс. диам. мм	300
Габариты, мм	625×243×476
Вес, кг	14

Для защиты горелки от перегрева сварочный аппарат комплектуется блоком охлаждения FastCool 10 (рисунок 2.19). Технические характеристики блока охлаждения в таблице 2.7.



Рисунок 2.19 – Блок охлаждения FastCool 10

Таблица 2.7 – Технические характеристики блока охлаждения FastCool 10

Потребляемая мощность, Вт	120
Мощность охлаждения, кВт	1,25
Максимальное давления, кг/см ²	4
Рекомендуемая охлаждающая жидкость	20-40% этанол с водой
Объем бака, л	4
Габаритные размеры, мм	570x230x280
Масса, кг	11

2.3 Монтаж установки для сварки продольных стыковых соединений

Передвижение сварочной каретки Railtrac 1000 осуществляется по гибкому алюминиевому рельсу. Рельс может устанавливаться на криволинейные поверхности с минимальным радиусом кривизны 3000 мм. Для установки рельсовой направляющей на прямолинейные поверхности к ней крепится жесткая стальная подкладка. Рельсовые направляющие крепятся при помощи вакуумных креплений. Для надежности крепления каждое вакуумное крепление оборудовано одним эжектором и двумя вакуумными присосками (рисунок 2.20)

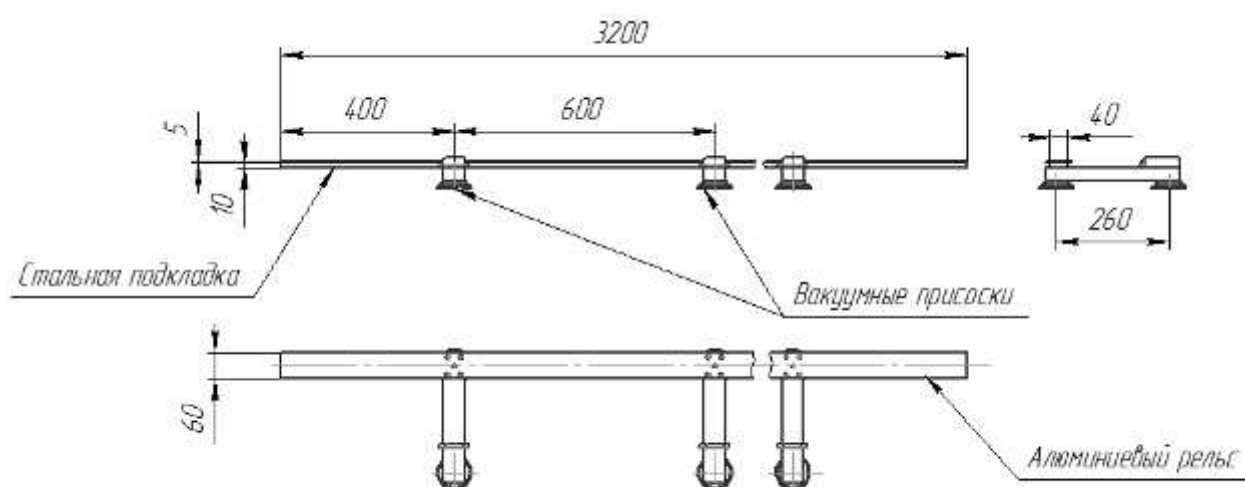


Рисунок 2.20 – Рельсовая направляющая

Монтаж осуществляется в следующем порядке:

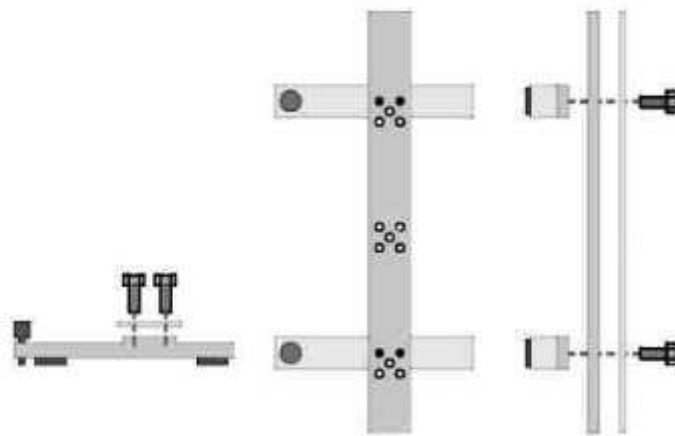
- на алюминиевый рельс устанавливается жесткая подкладка и вакуумные крепления;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

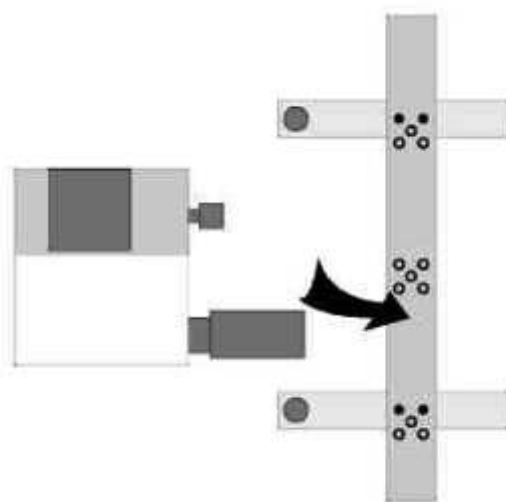
150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

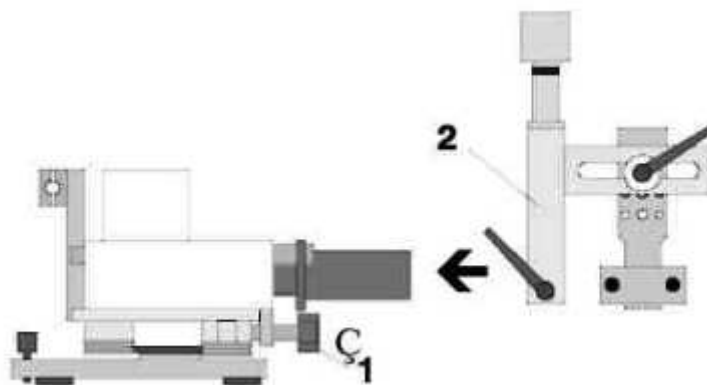
50



- на рельс устанавливается каретка;



- затягивается стопорный винт, монтируется держатель горелки;



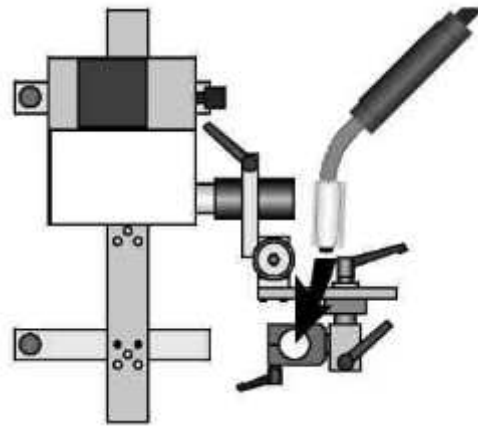
- монтируется сварочная горелка, фиксируется связка шлангов и кабелей;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

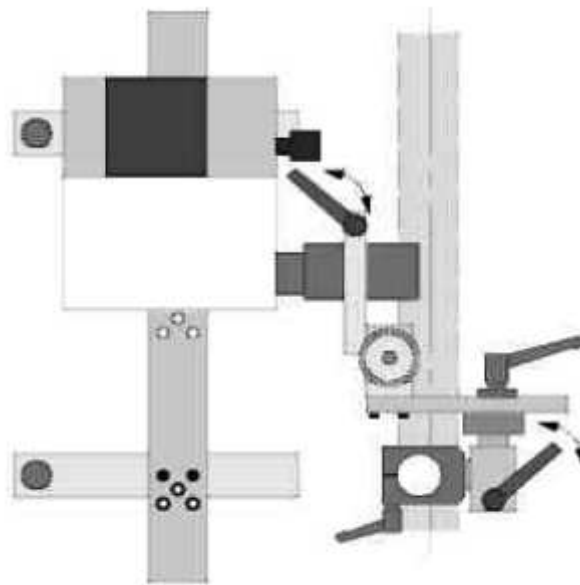
150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

51



- регулируется нужное положение сварочной горелки;



2.4 Монтаж установки для сварки кольцевых нахлесточных соединений

Передвижение сварочной каретки Railtrac Orbital W осуществляется по специальной кольцевой направляющей, которая выбирается в зависимости от диаметра трубы (рисунок 2.21).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

52

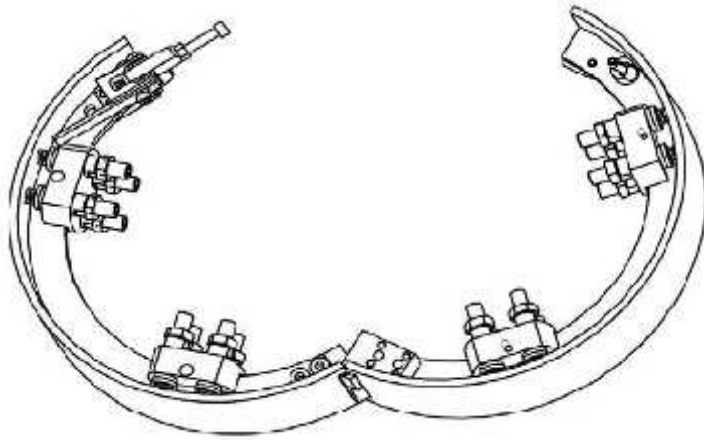
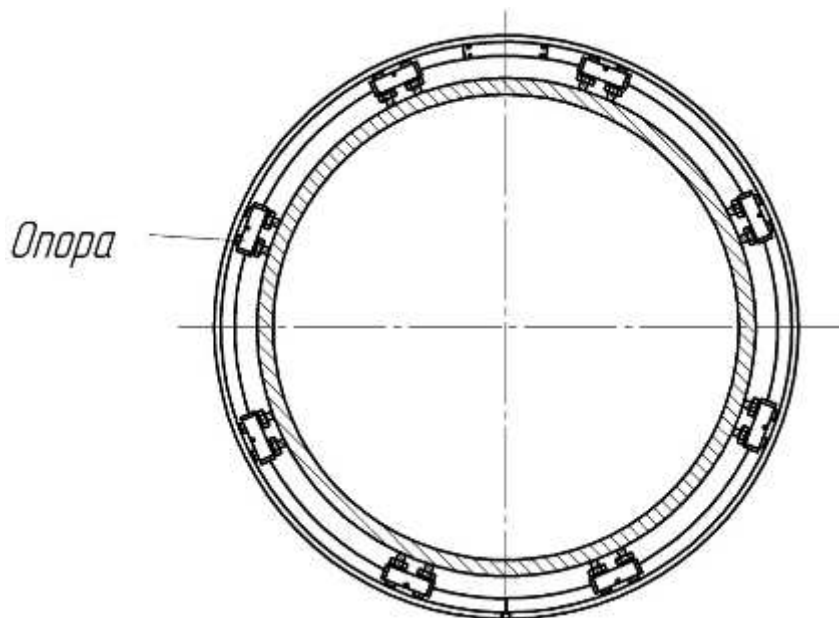


Рисунок 2.21 – Кольцевая направляющая

Монтаж установки на трубу производится в следующем порядке:

- на трубу при помощи 8 опор устанавливается кольцевая направляющая;



- на кольцевую направляющую устанавливается сварочный трактор;

Далее аналогично тому, как описано в п. 2.1:

- затягивается стопорный винт, монтируется держатель горелки;
- монтируется сварочная горелка, фиксируется связка шлангов и кабелей;
- регулируется нужное положение сварочной горелки;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

53

3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА [5]

Контроль качества является важной и обязательной операцией при ремонте газопроводов. Проведение контроля качества организовывается согласно СТО Газпром 2-2.4-083.

Сварные соединения газопроводов, выполненные при строительстве, реконструкции и ремонте газопроводов, подлежат визуальному и измерительному контролю в объеме 100 %. Сварные соединения газопроводов, признанные годными по результатам визуального и измерительного контроля, подлежат неразрушающему контролю физическими методами.

При механизированной и автоматической сварке в качестве основного физического метода применяется ультразвуковой контроль. В качестве дополнительного контроля применяют капиллярный метод.

Сварные соединения считаются годными, если в них отсутствуют дефекты, размеры которых превышают допустимые нормы, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Нормы оценки качества сварных соединений газопроводов

Название дефекта	Условное обозначение дефекта	Схематическое изображение дефектов		Вид дефекта	Допустимые размеры сварных дефектов соединений по уровням качества:		
		в сечении	в плане		«А»	«В»	«С»
1	2	3	4	5	6	7	8
Поры	Аа			Единичные, (сферические и удлиненные)	при $L \geq 3d$: $d, h, l_1, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 2,0$ мм; $\sum D \leq 30$ мм	при $L \geq 3d$: $d, h, l_1, l_t \leq 0,2S$, но $\leq 2,5$ мм при $L \geq 5d$: $d, h, l_1, l_t \leq 0,25S$, но $\leq 3,0$ мм $\sum D \leq 50$ мм	при $L \geq 3d$: $d, h, l_1, l_t \leq 0,2S$, но $\leq 3,0$ мм при $L \geq 5d$: $d, h, l_1, l_t \leq 0,25S$, но $\leq 3,5$ мм $\sum D \leq 50$ мм
	Аб			Цепочки	$d, h, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1 \leq S$, но $\leq 30,0$ мм $\sum D \leq 30$ мм	$d, h, l_t \leq 0,15S$, но $\leq 2,0$ мм; $l_1 \leq S$, но $\leq 30,0$ мм $\sum D \leq 30$ мм	$d, h, l_t \leq 0,2S$, но $\leq 2,5$ мм; $l_1 \leq 2S$, но $\leq 30,0$ мм $\sum D \leq 50$ мм
	Ас			Скопления	$d, h \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1, l_t \leq 0,5S$, но $\leq 12,5$ мм; $\sum D \leq 25$ мм	$d, h \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1, l_t \leq 0,5S$, но ≤ 15 мм $\sum D \leq 30$ мм	
	Ак			Канальные, в т.ч. «червеобразные»	Не допускаются	$h, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1 \leq 0,5S$, но $\leq 12,5$ мм $\sum D \leq 25$ мм	$h, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 2,0$ мм; $l_1 \leq S$, но ≤ 15 мм; $\sum D \leq 30$ мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

54

Продолжение таблицы

Неметаллические(шлаковые) включения	Va			Единичные компактные	$h \leq 0,1S$, при $l_t \leq 2,5$ мм; $l_1 \leq 0,5S$, но не более 5,0 мм; $\sum D \leq 30$ мм	$h \leq 0,1S$, при $l_t \leq 3,0$ мм; $l_1 \leq 0,5S$, но не более 7,0 мм; $\sum D \leq 30$ мм	
	Vb			Цепочки	$d, h, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 1,0$ мм; $l_1 \leq S$, но $\leq 15,0$; $\sum D \leq 30$ мм	$d, h, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$; $l_1 \leq 2S$, но $\leq 25,0$; $\sum D \leq 50$ мм	
	Vc			Скопления	$d, h \leq 0,1S$, но $\leq 1,0$ мм; $l_1, l_t \leq 0,5S$, но $\leq 12,5$ мм; $\sum D \leq 25$ мм	$d, h \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1, l_t \leq 0,5S$, но $\leq 12,5$ мм; $\sum D \leq 30$ мм	
	Vd ₁			Односторонние удлиненные	$h \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1, l_t \leq S$, но ≤ 15 мм; $\sum D \leq 30$ мм	$h \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1 \leq 2S$, но ≤ 25 мм; $\sum D \leq 50$ мм	
	Vd ₂			Двухсторонние удлиненные	Недопускаются	$h \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; при $S \leq 0,8$ мм (с обеих сторон шва)	
						$l_1 \leq S$, но ≤ 30 мм; $\sum D \leq 30$ мм(с обеих сторон шва)	$l_1 \leq S$, но ≤ 30 мм; $\sum D \leq 50$ мм(с обеих сторон шва)
Металлические включения	Mw			Вольфрамовые и включения других нерастворимых металлов	$d, h, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 1,5$ мм; $l_1 \leq 3,0$ мм, при $L \leq 50$ количество включений: не более 1 для труб диаметром ≤ 219 мм. Не более 2 на 300 мм шва для труб диаметром > 219 мм	$d, h, l_t \leq 0,1S$, но $\leq 3,0$ мм; $l_1 \leq 6,0$ мм, при $L \leq 50$ количество включений: не более 2 для труб диаметром ≤ 219 мм. Не более 4 на 300 мм шва для труб диаметром > 219 мм	
Непровары	Da ₁			В корне шва	$h \leq 0,05S$, но $\leq 0,75$ мм; $l_1 \leq S$, но $\leq 12,5$ мм; $\sum D \leq 25$ мм	$h \leq 0,05S$, но $\leq 0,75$ мм; $l_1 \leq S$, но ≤ 15 мм; $\sum D \leq 30$ мм	$h \leq 0,05S$, но ≤ 1 мм; $l_1 \leq 2S$, но ≤ 25 мм; $\sum D \leq 50$ мм
	Da ₂			В корне шва из-за смещения кромок	$l_1 \leq 2S, \leq 30$ мм; $\sum D \leq 50$ мм	$l_1 \leq 2S$, но ≤ 50 мм; $\sum D \leq 75$ мм	
	Da ₃			Внутренние при двухсторонней сварке	$h \leq 0,05S$, но $\leq 1,0$ мм; $l_1 \leq 2S$, но $\leq 12,5$ мм; $\sum D \leq 25$ мм	$h \leq 0,1S$, но $\leq 2,0$ мм; $l_1 \leq 2S$, но $\leq 12,5$ мм; $\sum D \leq 25$ мм	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
------	------	----------	-------	-----

150301.2018.145.00 ПЗ

Лист

55

Несплавления	Db			Межслойные	$l_1 \leq 2S$, но ≤ 25 мм; $\sum D \leq 25$ мм	$l_1 \leq 2S$, но ≤ 30 мм; $\sum D \leq 30$ мм
	Dc ₁			По разделке	Недопускаются	$h \leq 0,05S$, но $\leq 1,0$ мм; $l_1 \leq S$

Окончание таблицы

	Dc ₂			По разделке кромок, выходящие на поверхность	Недопускаются	$h \leq 0,05S$, но $\leq 0,75$ мм; $l_1 \leq S$, но ≤ 15 мм; $\sum D \leq 15$ мм
Трещины	E			Любой длины и направления относительно сварного шва	Не допускаются	
Дефекты формы шва	Fa			Вогнутость к орня шва (утяжина)	$h \leq 0,1S$, но $\leq 1,0$ мм; $l_1 \leq S$, но ≤ 30 мм; $\sum D \leq 50$ мм	$h \leq 0,2S$, но $\leq 2,0$ мм; $l_1 \leq 2S$, но ≤ 50 мм; $\sum D \leq 100$ мм
	Fb			Превышение проплавления (провис)	$h \leq 3,0$ мм; $l_1 \leq 0,5S$; $\sum D \leq 30$ мм	$h \leq 5,0$ мм; $l_1 \leq S$; $\sum D \leq 50$ мм
	Fc			Подрезы	$h \leq 0,1S$, но $\leq 0,5$ мм; $l_1 \leq 150$ мм;	
	Fd			Смещение кромок	$h \leq 0,2S$, но $\leq 3,0$ мм - для труб с $S > 10$ мм $h \leq 0,2S$, но $\leq 2,0$ мм - для труб с $S \leq 10$ мм	

Примечания

1 В сварном соединении с внутренней подваркой - непровары и несплавления в корне сварного соединения не допускаются.

2 Суммарная протяженность допустимых по высоте внутренних дефектов на любые 300 мм сварного соединения не должна превышать 50 мм, но не более 1/6 части периметра сварного соединения, кроме дефектов с условными обозначениями Fa, Fc и Fd, протяженность которых не учитывается при подсчете суммарной протяженности всех дефектов.

3 Сварное соединение ремонтируется, если суммарная протяженность всех выявленных дефектов меньше 1/6 части периметра сварного соединения, в противном случае сварное соединение подлежит вырезке.

4 Подрезы, смещения кромок и другие наружные дефекты швов измеряются в процессе визуального и измерительного контроля.

5 При смещении кромок более 2 мм любые подрезы не допускаются.

6 Внутренние подрезы и смещения кромок могут определяться физическими методами контроля.

7 Подрезы $h \leq 0,05S$, но $\leq 0,3$ мм не квалифицируются как нормируемые дефекты, и их протяженность не регламентируется.

8 На участке максимально допустимого смещения кромок любые дефекты не допускаются.

9 При оценке качества сварных соединений разнотолщинных элементов, нормы оценки дефектов принимаются по элементу меньшей толщины.

Для проведения ручного ультразвукового контроля необходимо наличие:

- импульсного ультразвукового дефектоскопа;
- контактных ПЭП и при необходимости АРД шкал (диаграмм) к ним;
- соединительных высокочастотных кабелей;
- стандартных образцов СО-2, СО-3 по ГОСТ 14782;
- стандартных образцов предприятия;

- средств измерения шероховатости и волнистости поверхности объекта контроля;
- контактной смазки и средств для ее хранения, нанесения и транспортировки;
- измерительного инструмента (для измерения параметров сварного соединения и характеристик выявленных дефектов);
- средств для разметки контролируемого соединения и отметки мест расположения выявленных дефектов;
- средств записи результатов контроля.

Ультразвуковой контроль качества будет осуществляться при помощи дефектоскопа УСД-60 (рисунок 3.1)



Рисунок 3.1 – Ультразвуковой дефектоскоп УСД-60

Таблица 3.2 – Технические характеристики дефектоскопа УСД-60

Развертка	мин.: 0 - 2,67мкс макс.: 0 - 1000 мкс с шагом 0,01 / 0,1/ 1/ 10/ 100 мкс
Задержка	от -4 мкс до 1000мкс с шагом 0,01 / 0,1/ 1/ 10/ 100 мкс
Максимальная длина контролируемого материала	до 6000 мм (эхо-режим)
Зондирующий импульс	радиоимпульс, амплитудой 50 или 200 В, с изменяемой длительность от 16 до 500 нс, с шагом 16 нс
Демпфер зондирующего импульса	регулируемый от 0 до 15 полупериодов с задержкой демпфирования от 0 до 7 полупериодов
Частота повторений ЗИ	регулируемая от 20 до 2000Гц с шагом 1/ 5/ 10 или 100Гц
Усилитель	широкополосный 0.4-20 МГц (-6 дБ)
Диапазон регулировки усиления	100 дБ, с шагом 0.5, 1, 2 или 6 дБ
Временная Регулировка Чувствительности (ВРЧ)	диапазон до 70 дБ, 12 дб/мкс с построением кривой по 32 опорным точкам

	введенным вручную или от контрольных отражателей
Отсечка	компенсированная, 0 - 90% высоты экрана

Продолжение таблицы

Зоны контроля	три независимых зоны, начало и ширина изменяются во всем диапазоне развертки, уровни порогов задаются от 0 до 95% высоты экрана при детектировании и от -95% до +95% при радиосигнале с шагом 1%, индивидуальная логика определения дефектов. Одна из зон (и-зона) предназначена для синхронизации от поверхностного сигнала при иммерсионном контроле
Автоматическая Сигнализация Дефектов (АСД)	световая для каждой зоны отдельно и звуковая , индивидуальная логика определения дефекта в зоне
Измерение временных интервалов	от 0 до первого сигнала в зоне или между сигналами в зонах, по фронту или по максимуму сигнала
Измерение амплитуды	в процентах от высоты экрана, в дБ относительно уровня порога в зоне, в дБ относительно опорного сигнала, в дБ относительно кривой амплитуда-расстояние
Аккумулятор	Li-ion 8 А/ч
Время работы	6-8 часов от аккумуляторов
Внешнее питание	блок питания от сети 220 В, 50Гц AC
Напряжение питания	18V/3,5A DC
Диапазон рабочих температур	от -30° С до +55° С
Размер (В x Ш x Д)	190 мм x 285 мм x 50 мм
Масса	3,5 кг с аккумуляторами

Для проведения капиллярного контроля потребуются:

- Пенетрант SHERWIN DP-51 (водосмываемый) - аэрозоль;
- Проявитель SHERWIN D-100 (безводный) - аэрозоль;

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		58

- Очиститель SHERWIN DR-60 - аэрозоль;

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Требования к организации и производству ремонтных работ на действующем газопроводе под давлением [2]

Производство ремонтных работ на действующем газопроводе с допустимым (расчетным) рабочим давлением с транспортировкой или без транспортировки продукта допускается выполнять в случаях невозможности или нецелесообразности ремонта участка газопровода традиционным методом сварки (вварки) трубы или катушки или методом сварки (наплавки, заварки), вварки заплат или приварки патрубков с временным выводом ремонтируемого участка из эксплуатации.

Расчетное проходное давление из условий безопасности на ремонтируемом участке должно ограничиваться:

- допустимым давлением, определяемым с учетом максимальной глубины дефектов в месте установки муфты;
- допустимым давлением, определяемым с учетом потери прочности нагретого металла в месте сварки кольцевых швов муфты.

Для обеспечения безопасности проведения работ при ремонте сварными муфтами действующего газопровода допустимое давление в газопроводе должно быть снижено:

а) из условия максимальной глубины дефектов до величины, определяемой по формуле:

$$P_{\text{доп}} = \frac{2k\sigma_T \cdot (S - \delta)}{D_H}, \text{ МПа.} \quad (21)$$

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		59

б) из условия потери прочности нагретого металла в месте сварки кольцевых швов муфты до величины, определяемой по формуле

$$P_{\text{доп}} = \frac{2k\sigma_T \cdot (S - c)}{D_H}, \text{ МПа.} \quad (22)$$

где k – коэффициент условий работы газопровода, принимаемый в зависимости от категории участка равным 0,9 – для III–IV категорий, 0,75 – для II категории (в случае проведения работ по врезке между участками разных категорий принимается наименьшее значение $R_{\text{доп}}$);

σ_T – предел текучести металла трубы газопровода, принимаемый по техническим условиям на трубы, МПа;

S – толщина стенки трубы, мм;

δ – максимальная глубина дефекта, мм;

c – коэффициент потери прочности нагретого металла стенки в месте сварки, $c = 2,4$ мм;

D_H – наружный диаметр трубы в месте сварки, мм.

Если максимальная глубина дефектов (δ , мм) больше коэффициента потери прочности нагретого металла ($c = 2,4$ мм), то величина допустимого давления определяется по формуле (21), если максимальная глубина дефектов (δ , мм) меньше или равна коэффициенту потери прочности нагретого металла ($c = 2,4$ мм), то величина допустимого давления определяется по формуле (22).

При производстве ремонтных работ сварными муфтами не допускаются подъем и опускание газопровода, а также любые виды работ, связанные с возможным перемещением ремонтируемого газопровода от оси.

С целью предотвращения возможного проседания грунта под газопроводом, а также провисания газопровода в месте установки муфты должны применяться инвентарные (деревянные из бруса) опоры или иные методы “якорения” газопровода.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		60

4.2 Огневые работы [6]

4.2.1 Подготовка линейной части газопровода

Перед подготовкой к огненным работам должно быть проведено обследование участка газопровода, на котором они выполняются, и смежных (проложенных параллельно, сближающихся и пересекающих его) трубопроводов в границах опасных зон для определения необходимых мер безопасности.

В трубопроводах, расположенных в опасной зоне огневых работ, должен быть исключен подъем давления.

Допускается вскрытие газопровода с помощью механизмов и освобождение от изоляции вручную без снижения давления в нем на участке, не имеющем утечек газа или выявленных в процессе эксплуатации других факторов, свидетельствующих о снижении прочностной характеристики трубопровода. При вскрытии движущиеся част землеройных механизмов должны проходить на расстоянии не менее 0,5 м от поверхности газопровода.

Перед вскрытием участка газопровода с поврежденной изоляцией давление в нем должно быть снижено не менее чем на 10 %, а при наличии коррозионных повреждений (по результатам внутритрубной дефектоскопии) до 30 % от толщины стенки давление должно быть снижено не менее чем на 30 % от максимального рабочего давления на этом участке, зарегистрированного в течение последнего года эксплуатации. При наличии коррозионных повреждений (по результатам внутритрубной дефектоскопии) выше 30 % от толщины стенки трубы давление в газопроводе должно быть сброшено полностью.

Размер котлована (траншеи) определяется условиями безопасного выполнения огневых работ. Машины и механизмы, с помощью которых проводятся работы, могут располагаться, исходя из удобства и безопасности выполнения огневых работ, как на бровке траншеи, так и в котловане. Для газопроводов диаметром 800 мм и более котлован должен иметь не менее четырех выходов, расположенных по два с каждой стороны газопровода.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		61

При притоке грунтовых (ливневых, паводковых) вод в котловане (траншее) для сбора и откачки воды выкапывается приямок. В болотистой местности и при наличии пльвуна грунт может разрабатываться с применением шпунтовых свай; необходимо предусматривать меры по понижению уровня грунтовых вод, в том числе применение приспособлений для ограничения поступления воды к месту работы и предохранения от обвала стенок котлована (траншеи).

Перед проведением огневых работ необходимо убедиться в отсутствии в котловане конденсата, горючих материалов.

4.2.2 Общие требования

Количество участников огневых работ, находящихся в рабочей зоне, должно быть минимальным.

Все принимающие участие в огневых работах должны быть в соответствующей специальной одежде и обеспечены другими необходимыми средствами индивидуальной защиты. Особое внимание обращается на исправность и готовность к применению противогазов, спасательных поясов, веревок, теплоотражающих костюмов и противопожарных средств.

Огневые работы могут выполняться при содержании газа в воздухе рабочей зоны не выше 20 % от НКПВ. При повышении концентрации газа более 20 % от НКПВ огневые работы необходимо немедленно прекратить, а людей вывести из опасной зоны.

При производстве огневых работ рабочая зона должна контролироваться на загазованность переносными газоанализаторами с периодичностью, определенной ответственным за проведение огневых работ, но не реже чем через 30 минут.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		62

Сварочные работы при дожде, снегопаде, сильном ветре должны проводиться под специальным укрытием.

Огневые работы должны быть также немедленно прекращены:

- при возникновении аварийной ситуации на объекте, расположенном в опасной зоне.
- при внезапном резком (негативном) изменении организационных, технических, технологических и погодных условий выполнения огневых работ.

В случае возникновения взрывопожароопасной ситуации необходимо заглушить ДВС механизмов, спецоборудования и транспортных средств, а также отключить электроснабжение сварочных аппаратов и других токоприемников, расположенных в рабочей зоне. Работники должны быть удалены из опасной зоны, после чего должны быть приняты меры по выявлению и ликвидации причин возникновения аварийной ситуации.

Баллоны с ацетиленом, кислородом и сжиженными углеводородными газами следует располагать от места огневых работ не ближе 10 м.

4.3 Электросварочные работы

4.3.1 Опасные и вредные производственные факторы для автоматической дуговой сварки в среде защитных газов [7]

Процессы сварки и наплавки металлов являются источниками образования опасных и вредных факторов, способных оказывать неблагоприятное воздействие на работников.

К опасным и вредным производственным факторам автоматической дуговой сварки в среде защитных газов относятся:

а) Хизические факторы:

- движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		63

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
 - повышенная температура воздуха рабочей зоны;
 - повышенный уровень электромагнитных излучений;
 - повышенная яркость света;
 - повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;
 - повышенный уровень инфракрасной радиации;
- б) Химические факторы (сварочные аэрозоли);
- в) Психофизиологические факторы (нервно-психические перегрузки).

4.3.2 Требования к процессам сварки в защитных газах и их смесях [8]

Работники, обслуживающие сварочные процессы совместно с электросварщиками, должны обеспечиваться теми же видами спецодежды и другими средствами индивидуальной защиты. В случае выполнения ими только подготовительных операций на время сварки они должны покидать рабочее место.

Эксплуатация баллонов, контейнеров со сжиженным газом и рамп для использования защитных газов из баллонов должна осуществляться в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

К обслуживанию контейнеров (или сосудов - накопителей) со сжиженным газом, а также рамповой системы подачи газа к сварочным постам допускаются лица, прошедшие проверку знаний требований Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Все оборудование (контейнеры, сосуды - накопители и др.), работающее под давлением, должно соответствовать техническим условиям и безопасной эксплуатации сосудов и быть зарегистрировано в органах Ростехнадзора.

При установке контейнера (сосуда - накопителя) на открытом воздухе он должен быть снабжен навесом, защищающим его от прямых солнечных лучей и осадков.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		64

На площадке подачи защитного газа к сварочным постам должно быть не более 20 баллонов. При замене пустых баллонов на заполненные необходимо закрывать вентили баллонов и коллектора. Не допускается пропускание газа в местах соединений; устранение неплотностей должно производиться только при закрытых вентилях баллонов, когда в системе нет давления. На площадке запрещается размещать посторонние предметы и горючие вещества.

При сварке на открытых площадках (вне цеха) в зимнее время баллоны с углекислым газом в целях избежания замерзания должны устанавливаться в специально утепленных помещениях.

Запрещается отогревать замерзший баллон (или редуктор) с углекислым газом пламенем горелки, струей пара и т.п. Для отогревания баллона с углекислым газом (или редуктора) необходимо прекратить отбор газа от баллона, внести его в теплое помещение с температурой 20 - 25 град. С и оставить его до отогревания.

Допускается отогревание замерзшего редуктора водой с температурой не более 25 град. С.

4.3.3 Требования к электробезопасности [8]

Провода и кабели для питания электрооборудования машин и установок должны иметь надежную изоляцию и защиту от механических повреждений.

Сварочные цепи источников сварочного тока не должны иметь гальванических соединений с цепями, присоединяемыми к сети.

Отдельные элементы сварочной цепи, а также отрезки сварочных кабелей при наращивании длины должны быть соединены разъемными соединительными муфтами. Запрещается применять соединения сварочной цепи скрутками с оголенным кабелем. Токоведущие кабели сварочной цепи должны быть по всей длине изолированы и защищены от механических повреждений.

При электросварочных работах должны применяться оборудование, аппараты и приспособления, удовлетворяющие требованиям действующих стандартов и нормалей на соответствующее сварочное оборудование. Напряжение холостого

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		65

хода источников сварочного тока не должно превышать максимальных значений, указанных в стандартах на соответствующее оборудование.

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

Соединение сварочных кабелей следует производить опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения.

Подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться при помощи опрессованных или припаянных кабельных наконечников.

При прокладке или перемещении сварочных проводов необходимо принимать меры против повреждения их изоляции и соприкосновения с водой, маслом, стальными канатами и горячими трубопроводами. Расстояние от сварочных проводов до горячих трубопроводов и баллонов с кислородом должно быть не менее 0,5 м, а с горючими газами - не менее 1 м.

В электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты оградительными устройствами.

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

Металлические части электросварочного оборудования, не находящиеся под напряжением, а также свариваемые изделия и конструкции на все время сварки должны быть заземлены.

Корпус любой электросварочной установки необходимо заземлять. Машины, в которых осуществление защитного заземления представляет трудности, должны быть оснащены устройствами защитного отключения, обеспечивающего отключение всех фаз сети при появлении в сварочной цепи напряжения сети. Для присоединения заземляющего провода на электросварочном оборудовании

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		66

должен быть предусмотрен болт, расположенный в доступном месте, с надписью "Земля" (при условном обозначении "Земля"). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких аппаратов запрещается.

В качестве обратного провода, соединяющего свариваемые изделия с источником сварочного тока, могут служить гибкие провода, а также металлические шины достаточного сечения, сварочные плиты и сама свариваемая конструкция.

Использование в качестве обратного провода сети заземления металлических строительных конструкций здания, коммуникаций и несварочного технологического оборудования запрещается. Соединение между собой отдельных элементов, используемых в качестве обратного провода, должно выполняться сваркой, струбциной или зажимом. При сварке круговых швов допускается соединение обратного провода со сварным изделием при помощи скользящего контакта.

Запрещается производить ремонт электросварочных установок под напряжением.

Передвижные электросварочные установки на время их передвижения необходимо отключить от сети.

4.3.4 Средства индивидуальной защиты (СИЗ) [8]

Работники, занятые производством газопламенных и электросварочных работ, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в соответствии с Правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

Применяемые средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011.

Выбор конкретных типов средств индивидуальной защиты должен проводиться в зависимости от вида работ и применяемых веществ и материалов.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		67

Защитные средства, выдаваемые в индивидуальном порядке, должны находиться во время работы у работника или на его рабочем месте.

Выбор СИЗ лица и органов зрения должен производиться в зависимости от методов, режимов и видов работ, интенсивности излучения, индивидуальной особенности зрения.

Работающие, пользующиеся средствами индивидуальной защиты, должны быть проинструктированы о правилах пользования этими средствами и способам проверки их исправности.

Спецодежда должна быть безвредной, удобной, не стеснять движения работающего, не вызывать неприятных ощущений, защищать от искр и брызг расплавленного металла, свариваемого изделия, влаги, производственных загрязнений, механических повреждений, отвечать санитарно - гигиеническим требованиям и условиям труда.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		68

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Проанализировав существующую технологию ремонта газопровода сварными муфтами, были разработаны предложения по ее совершенствованию: замена ручной дуговой сварки протяженных стыковых соединений полумуфт и кольцевых нахлесточных соединений на автоматическую сварку в среде защитных газов неплавящимся электродом, а сварку непротяженных стыковых соединений полуколец – на полуавтоматическую сварку в среде защитных газов. В результате предложенных улучшений базового технологического процесса повышается качество сварных соединений, возрастают скоростные показатели сварочного процесса и сборки муфт, заметно снижается трудоемкость изготовления изделия. Также при замене ручной дуговой сварки на автоматическую сварку в среде защитных газов увеличилась экономия сварочных материалов.

Учитывая, что муфта изготавливается из стали 17Г1С, подобраны сварочные материалы, сварочная проволока Св-08Г2С Ø 1,6 мм (ГОСТ 2246-70), защитная газовая смесь $CO_2 + Ar$ (СГОА).

Посчитаны режимы автоматической сварки и полуавтоматической сварки в среде защитных газов. Для всех способов сварки подобрано соответствующее сварочное оборудование, описаны методы неразрушающего контроля сварного соединения. Так же была спроектирована оснастка для выполнения сборочно-сварочных работ.

Поставленная цель дипломной работы достигнута, так как повысилась производительность сборки и сварки ремонтных сварных муфт. Это доказывают временные показатели рассчитанные для усовершенствованной технологии. По среднестатистическим данным монтаж одной ремонтной муфты базовой технологией занимает порядка 540-600 мин, а с помощью предложенной технологии снижаются временные показатели до 471 мин. Расчет норм временных показателей приведены в ПРИЛОЖЕНИЕ А.

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		69

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. www.gazprom.ru
2. СТО Газпром 2-2.3-137-2007 Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть II.
3. Акулов А.И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов / Г.А. Бельчук., В.П. Демянцев. - М.: Машиностроение, 1997. – 432с. с ил.
4. Николаева Г.А. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х т. – М.: Машиностроение, 1978 – 1979.
5. СТО Газпром 2-2.4-083-2006 Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
6. СТО Газпром 14-2005 Типовая инструкция по безопасному проведению огневых работ на газовых объектах ОАО «Газпром».
7. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности.
8. ПОТ РМ-020-2001 Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах.
9. Клыков Н.А. Руководство по дипломному проектированию. (Специальность 1205) / Н.А. Клыков, А.М. Попков, В.А. Стихин, М.В. Шахматов. – Челябинск: ЧПИ, 1990.
10. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
11. Шахматов М.В. Оборудование и технология сварочного производства: руководство по дипломному проектированию / В.В. Ерофеев, А.Г. Игнатъев, В.А. Стихин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003.- 77

					150301.2018.145.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дат		70