

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

« ____ » _____ 2017 г.

Ремонт сварных соединений труб повторного применения в условиях ООО «КЗИТ»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.03.01.2017. . ПЗ ВКР**

Руководитель работы

Ильин И.А.,
преподаватель каф. ОиТСП

Подпись

И.О., Фамилия

« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы
студент группы П-440
Семенов Борис Васильевич

« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролёр
преподаватель

_____ Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2017 г.

Челябинск, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	7
1.1 Описание трубы	8
1.2 Анализ существующей технологии ремонта на ООО «КЗИТ»	9
1.3 Предложение по усовершенствованию технологии ремонта	12
2 ОСНОВНЫЕ ТИПОВЫЕ ДЕФЕКТЫ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ	14
2.1 Виды дефектов в сварном шве	14
2.2 Технология ремонта коррозионных трещин в сварном шве.....	17
2.3 Способ ремонта непровара в корне шва внутренних трещин, пор.....	19
2.4 Расчет параметров режимов сварки	21
2.5 Выбор сварочного оборудования	25
2.6 Контроль качества	29
2.6.1 Визуальный измерительный контроль	29
2.6.2 Радиографический контроль	32
2.6.3 Ультразвуковой контроль качества	35
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	42

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.137.00 ПЗ				

ВВЕДЕНИЕ

В апреле 1995 года комиссия ОАО «Газпром» приняла решение о строительстве завода по изоляции труб. Для реализации проекта была выбрана площадка возле Челябинска на юго-западе города Копейск Челябинской области. В 1995 году начато строительство завода, в 1997 году был начат монтаж оборудования. Оборудование для завода поставила американская компания «CRC EVANS Pipeline International Inc». Уже в марте 1998 года был подписан акт об окончании монтажа и начале промышленной эксплуатации. Совместно с началом эксплуатации линии по изоляции труб была запущена в работу линия по очистке труб, бывших в употреблении и демонтированных при капитальном ремонте трубопроводов.

Одним из направлений деятельности завода ООО Копейский завод изоляции труб является подготовка демонтированных труб к повторному применению в магистральных газопроводах. К повторному применению пригодны трубы демонтированные из магистральных газопроводов 3–4 категории из труб диаметром 520–1420 мм, транспортирующих природный газ с избыточным давлением газа до 7,4 МПа включительно. Одним из распространенных дефектов труб поступающих на завод являются коррозионное растрескивание.

Трубы имеющие дефекты в сварном шве не подвергаются ремонту на предприятии, трубы с трещинами в сварном шве, коррозией утилизируются на металлолом. Мы предлагаем не списывать трубы а производить ремонт труб сваркой. Производя ремонт сварного шва путем выборки дефекта в сварном шве и последующей заварки. Форма и размеры подготовленных выборок должны обеспечивать возможность их заварки по всему объему. При этом выборки, выполняемые в металле шва (наплавленном металле), могут заходить в основной металл.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.137.00 ПЗ					

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.

1.1 Описание трубы

Труба диаметром 1020 поступающая на завод ООО «КЗИТ» бывших в эксплуатации на участке газонефетпровода. На заводе производится поверхностная очистка трубы пескоструйным методом, и покрытие поверхности специальным изолирующим слоем. Общий вид трубы показан на рисунке 1.1

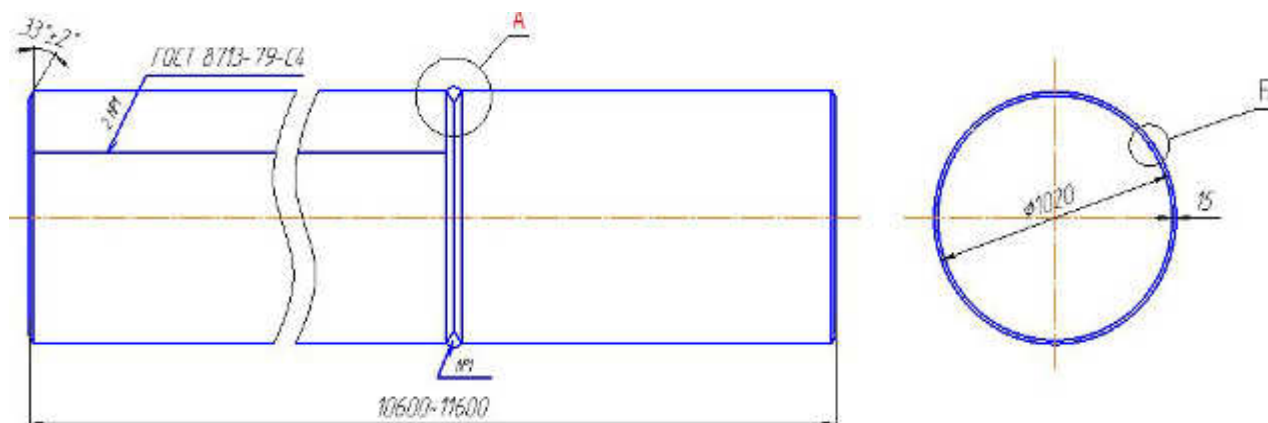


Рисунок 1.1 – Общий вид трубы

Изготавливаемая деталь труба для трубопровода на предприятии ООО «КЗИТ». На заводе ООО «КЗИТ» производят изоляцию труб бывших в употреблении и демонтированных при капитальном ремонте трубопроводов, и недавно была запущена в работу линия по очистке труб. Одним из направлений деятельности завода ООО «КЗИТ» является подготовка демонтированных труб к повторному применению в магистральных газопроводах. К повторному применению пригодны трубы демонтированные из магистральных газопроводов 3–4 категории из труб диаметром 520–1420мм, транспортирующих природный газ с избыточным давлением газа до 7,4 Мпа включительно. Одним из распространённых дефектов труб поступающих на завод являются коррозионное растрескивание, потеря металла, коррозионные язвы, риски. Главная особенность эксплуатации этих труб – высокое давление и пониженная температура эксплуатации. Вследствие этого, к качеству труб предъявляются повышенные требования по ГОСТ380–94. Материал должен обладать высокой прочностью и ударной вязкостью.

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Производственные мощности завода составляют:

- по изоляции 600 км труб диаметром 1020 мм в год;
- по восстановлению труб (наружная очистка, механическая торцовка и гидроиспытания) до 160 км труб диаметром 1020 мм в год;
- изготовление гнутых отводов до 5000 отводов в год.

Складские площади завода:

- склад труб, площадью 10980 кв.м.
- отделение комплектации труб, площадью 6840 кв.м.;
- отделение отгрузки готовой продукции, площадью 4440 кв.м.;

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1.2 Анализ существующей технология ремонта на ООО «КЗИТ»

Процесс изоляции включает комплекс операций.

1) Входной контроль качества

На заводе проводятся следующие методы входного и операционного контроля продукции:

- 100% визуальный и измерительный контроль;
- ультразвуковой (УЗК) основного металла трубы и сварного соединения.
- 100% контроль поперечных сварных швов.

Проведение УЗК в местах аномалий по результатам предварительного- 100% рентгенографический контроль по результатам УЗК для уточнения типа дефекта;

Контроль качества покрытия обеспечивает оценку следующих параметров:

- содержания солей на поверхности труб;
- толщины покрытия;
- диэлектрической сплошности;
- прочность при ударе;
- адгезия покрытия;
- переходное электрическое сопротивление;
- площадь катодного отслаивания;
- стойкость к термостарению;
- устойчивость к термоциклированию;
- степень отверждения праймера;
- усадка полиэтиленового слоя.

2) Подготовка поверхности труб:

- операция сушки трубы;
- дробеметная очистка;
- очистка внутренней поверхности трубы;

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

3)Нанесение изоляции на трубу:

- обеспыливание;
- нанесение хроматирующего раствора;
- нагрев трубы;
- нанесение праймера;
- нанесение экструдированного расплава адгезива и полиэтилена;
- охлаждение;
- контроль качества покрытия;
- зачистка торцов и маркировка;
- контроль диэлектрической сплошности;
- подача на склад готовой продукции.

Качество очищенной поверхности трубы соответствует стандарту ISO 8501–01.

Изоляционное покрытие, наносимое на заводе, внесено в Реестр материалов, применяемых при строительстве магистральных нефтегазопроводов ОАО «ГАЗ-ПРОМ» и ОАО «АК «Транснефть». Покрытие наносимое на заводе соответствует требованиям:

ТУ 1394-001-45657335-2011;

ТУ 1390-011-45657335-2011;

ТУ 1390-020-45657335-2013;

ТУ 1390-005-45657335-2013.

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Типы покрытий труб:

- а) Трехслойное покрытие труб на основе экструдированного полиэтилена
- б) Двухслойное покрытие труб на основе экструдированного полиэтилена
- в) Многослойное покрытие на основе полиуретановых и эпоксидных материалов

Общий вид гидроклинера для покрытия трубы изолирующим слоем показан на рисунке 1.2



Рисунок 1.2 – Гидроклинер (подготовка поверхности трубы для покрытия изолирующим слоем)

1.3 Предложение по усовершенствованию технологии ремонта

Трубы поступающие на завод имеют дефекты которые не могут быть устранены существующей технологией ремонта. На предприятии эти трубы не обрабатываются а просто утилизируются на металлолом. В условиях завода вводим сварочные работы по устранению дефектов в сварном шве производя выборку сварного шва и последующей сваркой. Одним из распространенных дефектов поступающих на завод является коррозионное растрескивание. Основной метод по устранению дефекта в сварном шве при ремонте трубопроводов обуславливается в полном удалении сварного шва и выполнение сварного соединения вновь.

Поверхностные дефекты сварных швов трубопроводов, обнаруженные при визуальном и измерительном контроле устраняют следующим образом:

- чрезмерное усиление сварных швов снимается механически, свариваются недостаточные усиления с предварительной очисткой дефектной области сварного шва;
- наплыв удаляется механически;
- подрезы и канавки между валиками свариваются с предварительной очисткой места сварки;
- кратеры, поры и трещины, возникающие на поверхности шва, удаляются механически без образования острых углов и приварены к размеру сварного шва.

Ремонт сварных швов зависит от трещин:

не более одного в кольцевом сварном шве;

не более одного на любых двух метрах продольного сварного шва труб, в то время как выполненные ремонтные швы должны быть отделены друг от друга на расстоянии не менее 500 мм.

Длина восстановленных трещин в кольцевых и продольных соединениях не должна превышать:

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

– на трубах диаметром 1220 мм – 250 мм;

– на трубах диаметром 1020 мм – 150 мм;

На рисунке 1.3 показана поверхностная форма выборки.

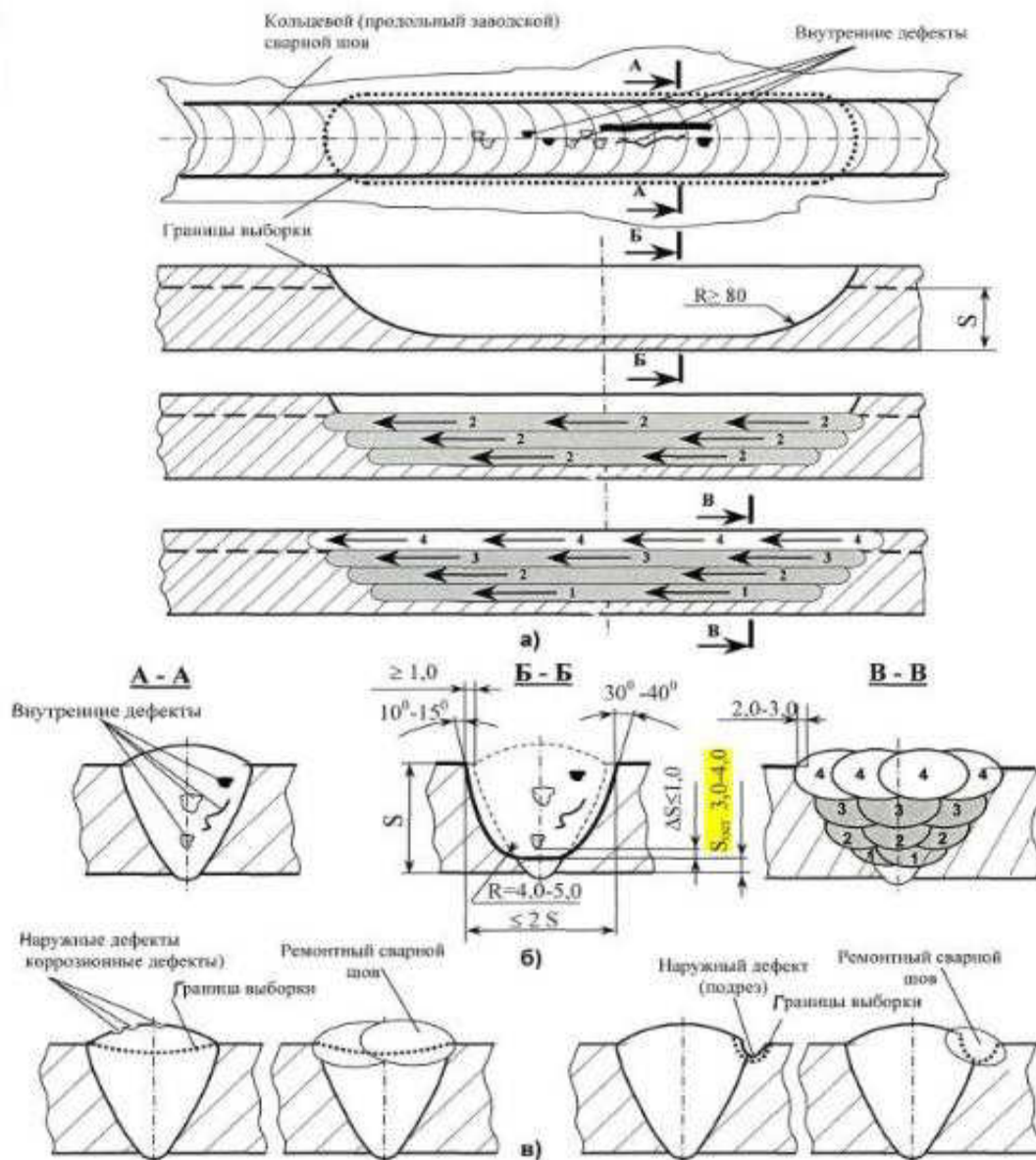


Рисунок 1.3– Параметры выборки дефектного участка, последовательность и направление слоев шва, параметры сварного шва при сварке (заварке) несквозной выборки прямолинейной формы длиной до 150 мм (выборка и сварка за один этап)

Сварку дефектного участка будем производить несколькими проходами с помощью ручной дуговой сваркой.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.137.00 ПЗ

Лист

14

2 ОСНОВНЫЕ ТИПОВЫЕ ДЕФЕКТЫ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

2.1 Виды дефектов в сварном шве.

Дефекты сварного шва бывают нескольких видов – наружные и внутренние. Наружными дефектами являются, те которые можно обнаружить визуально при осмотре сварочного шва. Дефекты внутренние, наоборот, находятся внутри сварочных соединений и их можно увидеть лишь после дефектоскопии, включая рентген и механическую обработку.

Поры – являются одним из наиболее распространенным дефектом в сварном шве. Пористость может быть вызвана загрязнением, плохой защитой ванны потоком сварочного газа, масла, краски, сваркой несовместимых сплавов или даже ржавчиной и окислением металла. Поры могут варьироваться по размеру и, как правило, распределены случайным образом вдоль сварочного шва. Поры могут располагаться как внутри шва, так и на его поверхности. Вид данного дефекта показан на рисунке 2.1

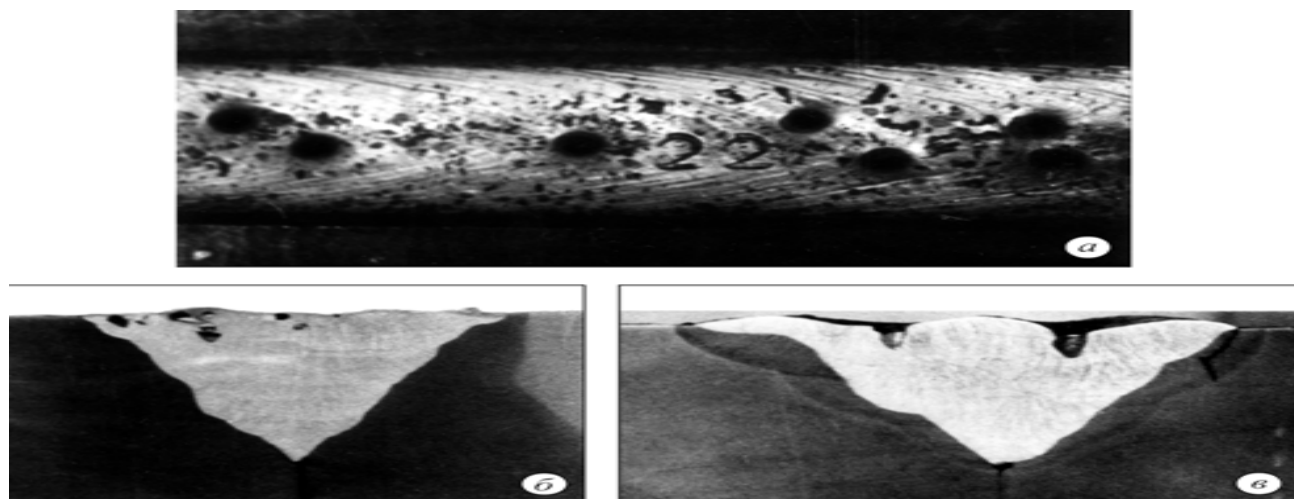


Рисунок 2.1 – (а – поры выходящие на поверхность; б – не выходящие на поверхность; в – включения.)

Трещины – это разрыв материала, они различаются в зависимости от величины, характера расположения и причин возникновения. В зависимости от их длины различают макро и микротрещины. Трещины могут быть интеркристаллитными и

транскристаллитными. В соответствии с моментом возникновения в процессе за-
твердевания шва выделяют "горячие" и "холодные" трещины. Горячие трещины
относятся к жидкому состоянию, в то время как холодные – образуются в твердом
состоянии, в большинстве случаев при температуре окружающей среды. Виды
трещин показаны на рисунке 2.2



Рисунок 2.2 – Трещины (а – продольная; б – поперечная; в – продольные и попе-
речные.)

Непровар – отсутствие сплавления прилегающих друг к другу поверхностей
металла в сварном соединении. Непровар может быть между основным и наплав-
ленным металлом в корне шва или по кромке, а также между отдельными слоями
при многослойной сварке. Виды непровара в сварном шве на рисунке 2.3

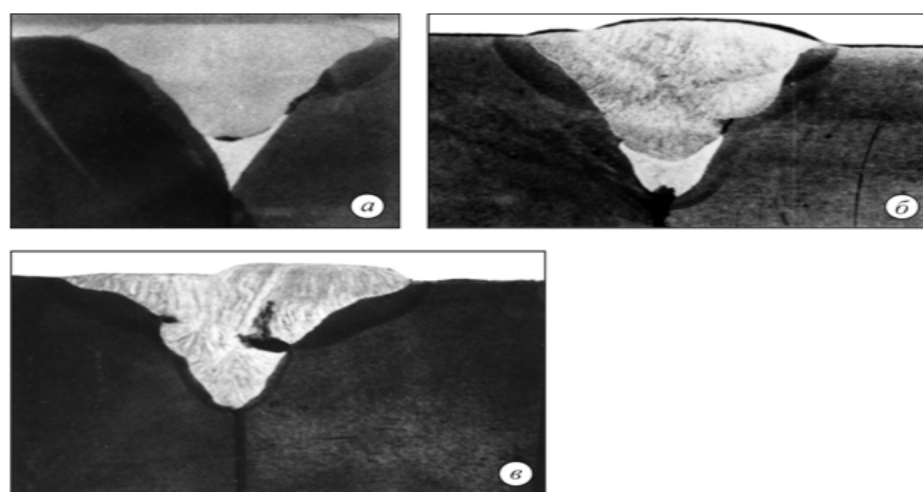


Рисунок 2.3 – Непровар (а, в – в корне шва; б – кромки.)

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Наплыв – данный дефект появляется в результате натекания присадочного материала на основной металл без образования сплавления с ним. Обычно причиной этого дефекта является неправильно подобранные режимы сварки и окалина на свариваемой поверхности. Подбор правильного режима (соответствие сварочного тока со скоростью подачи присадочного материала, повышение напряжения на дуге) и предварительная очистка кромок устраняют появления наплывов.

Прожог – отверстие насквозь в сварочном шве. В основном причинами прожога являются большой ток, медленная скорость сварки или большой зазор между кромками сварного соединения. В результате происходит прожог металла и утечка сварочной ванны. Понижение сварочного тока, увеличение скорости сварки и соответствующая подготовка геометрии кромок позволяют устранить прожоги. Прожоги являются очень частым дефектом при сварке алюминия, из его низкой температуры плавления и высокой теплопроводности. Вид данного дефекта показан на рисунке 2.4



Рисунок 2.4 – Прожог

2.2 Технология ремонта коррозионных трещин в сварном шве.

Для ремонта данного вида дефектов необходимо производить специальную форму выборки. В продольном сечении выборка должна иметь чашеобразную форму с плавным выходом на наружную поверхность сварного шва, длина выборки должна превосходить фактическую длину дефектного участка не менее, чем на 30 мм по обеим сторонам засверловки. В поперечном сечении U –форму с симметричной либо несимметричной формой сквозной выборки толщиной не более 2-х толщин стенок, с притуплением 2–3мм, и с зазором не более 2–4мм. При увеличенной величине зазора (до 5мм) возможно применение подкладных пластин толщиной не менее 2мм и не более 2,5мм с шириной до 300мм. Угол скоса кромок при симметричной выборке должен быть 25–30 градусов. Рекомендуемый угол при несимметричной выборке должен иметь значения 10–15 градусов.

Протяженность ремонтируемых участков, включая участки засверловки и выхода на поверхность сварного шва не должна превышать:

- на трубах диаметром 1420 – 500 мм
- на трубах диаметром 1020– 360 мм
- на трубах диаметром 720– 300 мм
- на трубах диаметром 530– 215 мм
- на трубах диаметром 426– 155 мм

Если в процессе выборки трещина распространяется по шву дальше то сварной шов с участком трещины не подлежит ремонту сваркой. Температуру подогрева назначаем 150 градусов исходя из расчетов.

Пример данной выборки показан на рисунке 2.5

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

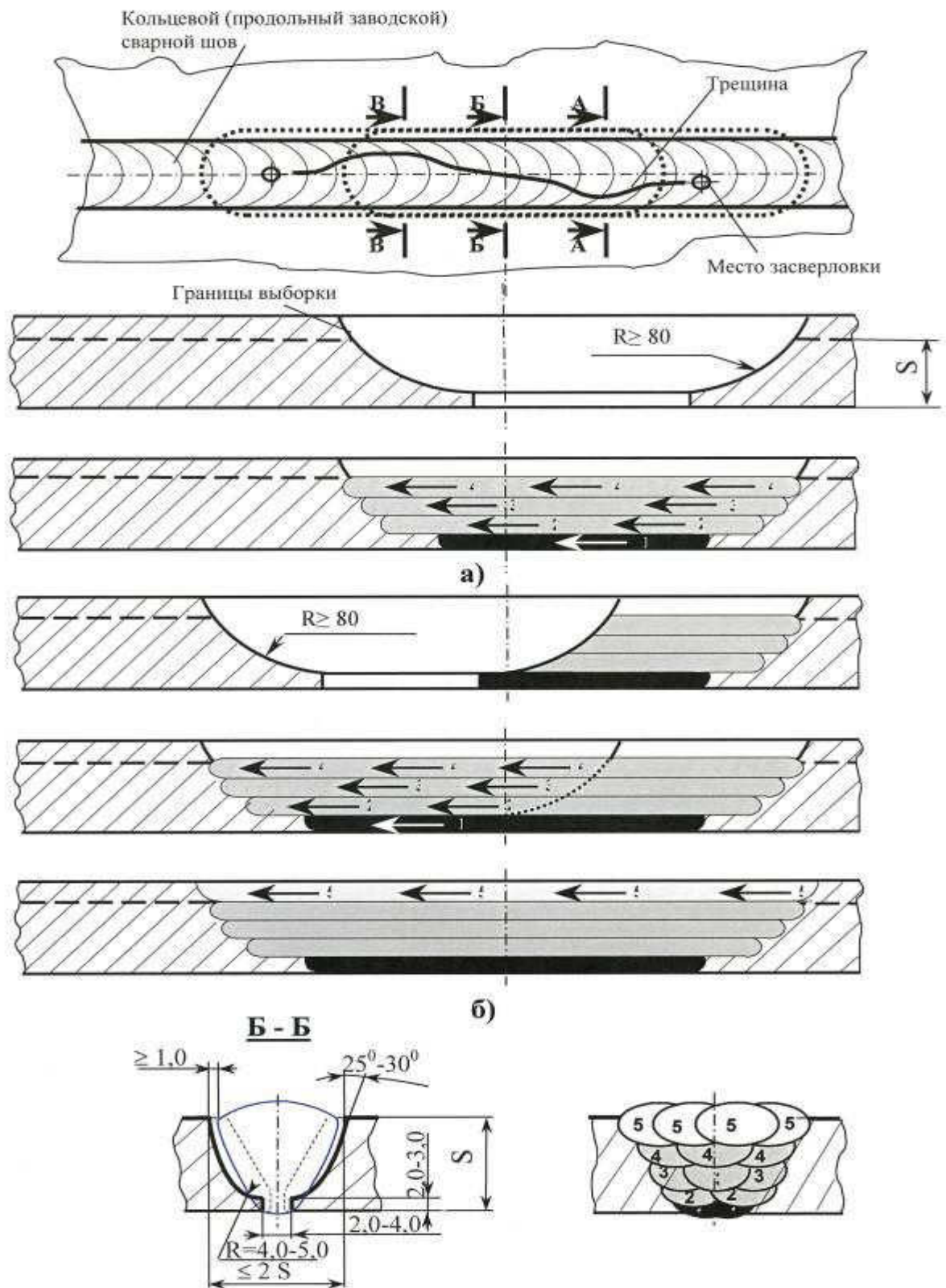


Рисунок 2.5 – Параметры выборки дефектного участка, последовательность и направление слоев шва, параметры сварного шва при сварке (заварке) сквозной выборки прямолинейной формы длиной до 250 мм (а, б – первый и второй этапы выборки и сварки)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2017.137.00 ПЗ

Лист

19

2.3 Способ ремонта непровара в корне шва внутренних трещин, пор.

Ремонт дефектов происходит путем сквозной выборки дефектного участка где продольное сечение должно иметь чашеобразную форму с плавным выходом на поверхность сварного соединения. Длина выборки должна превышать длину всего участка не менее, чем на 30мм по обе стороны. В поперечном сечении U – образную форму с симметричной либо не симметричной формой выборки шириной не более 2–х толщин стенки. При сквозной выборке притупление должно быть 2–3мм, с зазором 2–4мм. Угол кромок также выбираем 25–30 градусов при симметричной выборке. При несимметричной форме около 10–15 градусов. Глубина выборки участка не должна превышать глубину наружных дефектов более чем на 1,0 мм.

До начала сварки необходимо провести предварительный подогрев выборки дефектного участка, обеспечивающим равномерный подогрев сварного участка. Нагрев 100 мм по ширине и длине от границ выборки. Допускается применять газовые горелки и подогреватели. Температура предварительного подогрева назначаем из расчетов около 150 градусов. В таблице 2.1 продемонстрировано минимальное количество слоев при работе с электродом с основным покрытием.

Таблица 2.1– Количество слоев при работе с электродами с основным покрытием

Глубина выборки, мм	Количество слоев, не менее (без учета корневого при сквозной разделке)
от 10 до 15 вкл.	4
от 15 до 20 вкл.	5
от 20 до 25 вкл.	6

На рисунке 2.5 продемонстрирован процесс данной выборки при ремонте требуемых видов дефектов.

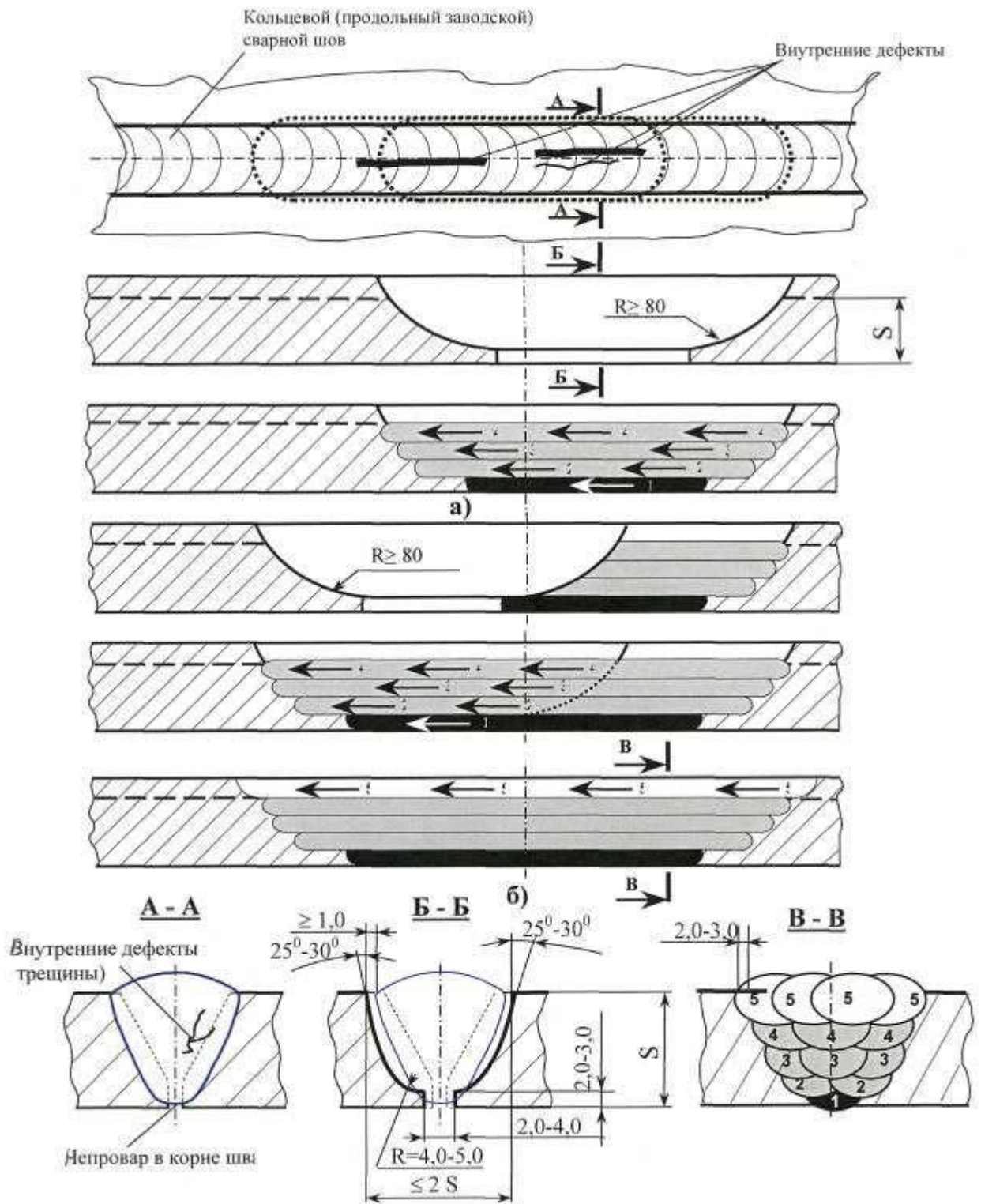


Рисунок 2.5 – Параметры выборки дефектного участка, последовательность и направление слоев шва при сварке (заварке) сквозной выборки прямолинейной формы длиной до 250 мм (а,б – первый и второй этапы выборки и сварки)

2.4 Расчет параметров режимов сварки

Химический состав стали Х60(10Г2ФБЮ) трубы диаметром 1020 применяемых в Российской Федерации (РФ), приведен в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Химический состав стали Х60

Марка стали (класс прочности)	Массовая доля элементов, %									Эквивалент по углероду
	C	Mn	Si	Ti	Nb	V	Al	S	P	
	Не более									
10Г2ФБЮ(Х60)	0,09	1,55	0,15	0,01	0,02	0,02	0,02	0,006	0,02	0,43
	-	-	-	-	-	-	-			
	0,12	1,75	0,50	0,03	0,05	0,05	0,05			

Сталь Х60 (10Г2ФБЮ) применяют для изготовления электросварных прямошовных труб групп прочности К60 для строительства газопроводов и нефтепроводов.

По формуле Рыкалина (1) находим эквивалент по углероду для стали 10Г2ФБЮ (Х60).

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} \quad (1)$$

где, С, Mn, Si, Ni, Cr, Мо и V – массовые доли элементов в стали,

$$C_{\text{э}}^{\text{max}} = 0,12 + \frac{1,75}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0}{40} + \frac{0}{5} + \frac{0}{4} + \frac{0,05}{14} = 0,42\% < 0,45\%$$

Установлено, что с увеличением $C_{\text{э}}$ свариваемость ухудшается. Считается, что при $C_{\text{э}} < 0,45\%$ сталь не склонна к закалке при воздействии термического цикла сварки и, следовательно к образованию холодных трещин, то есть хорошую свариваемость.

Сталь 10Г2ФБЮ обладает хорошей свариваемостью. Технология сварки должна обеспечивать определенный комплекс требований, основными из которых являются равнопрочность сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов в сварном шве.

Толщина стенки 15 мм используем V – образную форму разделки кромок изображенную на рисунке 2.6, которая обеспечивает минимальные угловые деформации и наименьший расход металла.

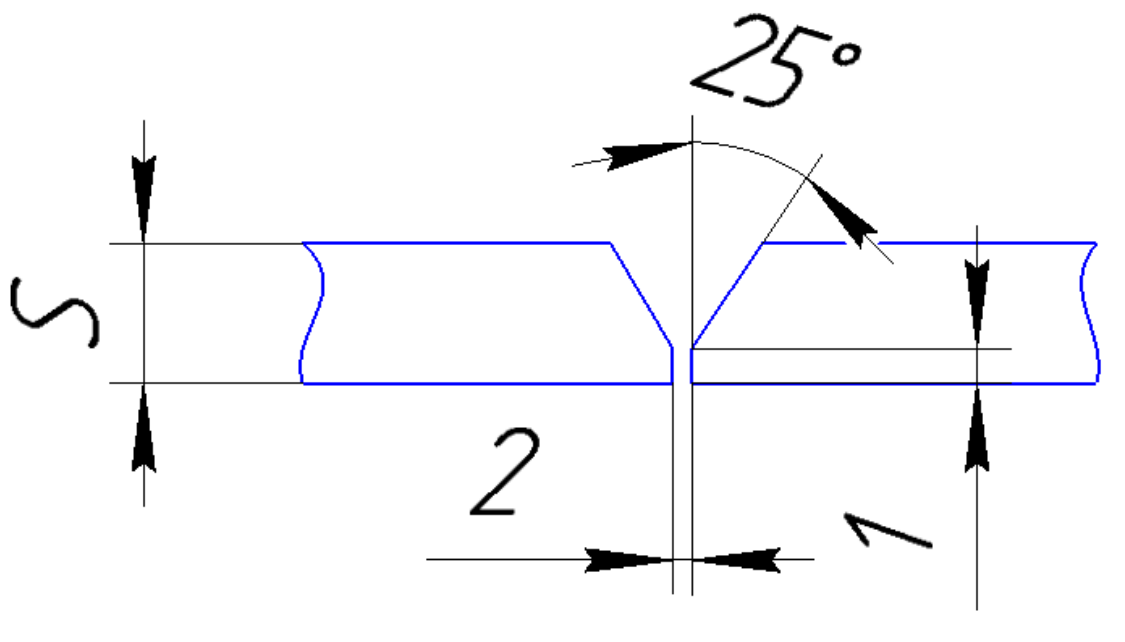


Рисунок 2.6 – Подготовка кромок сварного соединения

Расчет режимов начинаем с выбора диаметра электрода, его назначаем исходя из таблицы 2.3

Таблица 2.3 – Диаметр электрода.

Толщина детали, мм	1,5 - 2	3	4 - 8	9 - 12	13 - 15	16 - 20	> 20
Диаметр электрода, мм	1,6 - 2	3	4	4 - 5	4 - 5	5 - 6	6 - 10

При толщине стенки 15 мм выбираем электрод диаметром 4 мм.

Для определения числа проходов необходимо определить площадь поперечного сечения наплавленного металла используем формулу (2).

$$F_{\text{общ}} = F_1 + F_2 + F_3 = p \cdot S + 2 \cdot h^2 \cdot \text{tg}(\alpha) + 2 \cdot 2,73 \cdot B \cdot C \quad (2)$$

2.5 Выбор сварочного оборудования.

При выборе сварочного источника рассмотрим три типа источников и выберем наиболее подходящий для данного режима.

1) Аппарат ДС 250.33 изображен на рисунке 2.7 – мощный 250– амперный инверторный источник с микропроцессорным управлением для сварки покрытыми электродами до 5 мм – является лидером в своем классе. Снабжен устройством "антистик", защищающим от прилипания электрода. Предусмотрено автоматическое отключение источника при перегреве, пониженном напряжении и отсутствии одной из фаз питающего напряжения. Технические характеристики показаны в таблице 2.4



Рисунок 2.7 – Аппарат «ДС 250.33»

Таблица 2.4 – Технические характеристики Аппарат «ДС 250.33»

Напряжение питания, В	380,+10% –15%
Потребляемая мощность, кВА, не более	15
Диапазон сварочного тока	20–250А
Габаритные размеры (ВхШхД)	505мм x 225мм x 435мм
Вес нетто	29 кг
Номинальный режим работы ПН,%	70

Стоимость данного источника питания составляет 100000 рублей.

3) Источник питания КЕМПИ FastMigKMS 300 изображенный на рисунке 2.9 предназначен для применения в профессиональном сварочном производстве. Они позволяют ручную сварку штучными электродами и полуавтоматическую сварку на постоянном токе. В таблице 2.5 приведены характеристики источника.



Рисунок 2.9 – КЕМПИ FastMig KMS 300

Таблица 2.5 –Технические характеристики «КЕМПИ FastMig KMS 300»

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Напряжение питания 3~, 50/60 Гц	400 В (-15...+20 %)
Номинальная мощность при макс. токе	12,9 кВА/13,9 кВА
Предохранитель с задержкой срабатывания	25 А
Нагрузка при 40 °С ПВ 100 %	300 А/29 В
Напряжение холостого хода ММА	50 В
Напряжение холостого хода MIG	65 В
Коэффициент мощности при макс. токе (cos φ	87 %
Диапазон сварочных токов и напряжений (ММА)	10 А/20 В – 300 А/32 В
Габаритные размеры (мм) Д x Ш x В	590 x 230 x 430
Масса	34 кг

Из перечисленных источников выберем наиболее экономически выгодный и отличающийся от других своими достоинствами. Для сварки выбираем сварочный

источник KEMPI FastMig KMS 300. По сравнению с другими источниками он владеет рядом преимуществ, высокой производительностью с сочетанием компактной конструкцией и небольшой массой. Отличными свойствами зажигания дуги при использовании любых типов электродов. Все это создает идеальные условия для мобильного использования. Некоторые преимущества аппарата достигаются благодаря самой современной инверторной и микроконтроллерной технологии. Простая и понятная панель управления с однокнопочным управлением. Плавная регулировка сварочного тока и тока горячего старта. Регулирование сварочных характеристик для любых электродов с любым покрытием. С помощью данного источника питания для сварки корневого шва можно использовать функцию WiseRoot.

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.137.00 ПЗ				

2.6 Контроль качества.

Трубы с номинальным диаметром 1020 и 1220мм изготавливают из низколегированных сталей марок классов прочности.

Контроль качества производится специалистами неразрушающего контроля, они должны быть аттестованы в соответствии с правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03–440–02). Контроль качества отремонтированных дефектных участков сварных швов осуществляется систематическим пооперационным контролем, визуальным и измерительным контролем, физическими методами контроля ультразвуковым и радиографическим. Отремонтированные сварные швы должны быть проконтролированы физическими методами контроля радиографическим (по ГОСТ7512–82) и дублирующим ультразвуковым (по ГОСТ 14782–86). Ультразвуковой контроль необходимо проводить по специальной методике, при нем должны применяться приборы, позволяющие выявлять параметры дефектов в сварном шве, и также регистрировать результаты на электронном и бумажном носителе.

2.6.1 Визуальный и измерительный контроль качества сварных соединений проводят с целью подтверждения их к требованиям конструкторской документации, ПТД.

При визуальном и измерительном контроле применяют:

- лупы, также измерительные;
- угольники 90° лекальные;
- линейки металлические;
- штангенциркули;
- угломеры с нониусом;
- стенкомеры и толщиномеры;
- щупы;
- калибры;
- микрометры;
- нутромеры микрометрические;

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

- эндоскопы;
- поверочные плиты;
- шаблоны, специальные и универсальные (например, типа УШС представлен на рисунке 2.10), радиусные, резьбовые и др.;
- плоскопараллельные концевые меры длин с набором различных принадлежностей;
- меры длины.

В таблице 2.6 представлены допустимые погрешности



Рисунок 2.10 – УШС 3(универсальный шаблон сварщика)

Таблица 2.6 –Допустимая погрешность

Ширина измерений, мм	Погрешность, мм
До 0,51 вкл.	0,1
Свыше 0,51 до 1,1 вкл.	0,2
» 1,0 » 1,6 »	0,3
» 1,6 » 2,5 »	0,4
» 2,5 » 4,2 »	0,5
» 4,2 » 6,0 »	0,6
» 6,0 » 10,3 »	0,8
» 10,3	1,0

При ремонте дефектных участков в сварном шве визуально необходимо контролировать:

полноту удаления дефекта, обнаруженного при визуальном контроле и контроле методами неразрушающего контроля;

объем обработки кромок выборки; вид выборки дефектного участка; чистоту (отсутствие визуально обнаруженных загрязнений, пыли, продуктов коррозии, масла и т.п.) поверхности выборки и прилегающих к ней поверхностей;

ширину зоны зачистки механическим путем поверхностей материала, прилегающих к кромкам выборки; отсутствие (наличие) дефектов (трещин, пор, включений, скоплений пор и включений, свищей, прожогов, наплывов, усадочных раковин, подрезов, непроваров, брызг расплавленного металла, западаний между валиками, грубой чешуйчатости и т.п.) на поверхности шва заварки выборки и на прилегающих к выборке участках материала.

В процессе ремонта дефектных участков в материале и сварных соединениях данным методом ВИК нужно контролировать:

Габаритные размеры разделки кромок выборки угол скоса, радиусы начала и окончания выборки, толщину перемычки металла при исправлении трещин и;

размеры выборки дефектного участка;

длину площади зачистки механическим путем участков материала, прилегающих к кромке выборки;

основные размеры дефектов в зоне шва заварки выборки и прилегающих к нему участках материала, обнаруженные при визуальном контроле;

Типы приборов показаны в таблице 2.7

Таблица 2.7 – Средства и приборы для измерения отклонения от прямолинейности и плоскостности

Тип прибора	Марка	Длины измерений, мм
Интерферометр	ИЗК-41	Выше 400 до 6333
Автоколлиматор	АК-1У АК-6У	Выше 400 до 1100
Оптические линейки	ИС-35	До 4100
	ИС-44	До 4050
	ИС-48	До 4200
Индуктивные линейки	ЛИП-4	До 1200
	УИП-5	До 1000
Уровни (рамные, брусковые, индуктивные)		Выше 300 до 10000
Поверочные линейки (прямоугольного и двугаврового сечения, мостики)	ШП, ШД, ШМ	Выше 300 до 4000
Оптические струны	ДП-477М	Выше 200 до 10 000

Приборы и инструменты для измерительного контроля показаны в таблице 2.8

Таблица 2.8 – Инструменты и приборы для измерительного контроля

Тип прибора	Марка
1	2
Профилограф	Модель 180321
Люксометр	Ю– 13
Образцы шероховатости поверхности	
Угломер	М137 УМ4 УМ5
Стенкомер	С–2 С–12А С–15Б С–30 С–55
Штангенциркуль двусторонний с глубиномером	ШЦ–1–125
Толщиномер	ТР 11–60 ТР 26–60 ТР 55–160 ТР 55–250
Щуп	№ 1 № 2 № 3 № 4
Набор шаблонов	№ 1 № 2 № 3
Набор специальных шаблонов	
Набор резьбовых шаблонов	М60 Д55
Универсальный шаблон сварщика	УШС–3
Линейка	160 мм 320 мм 550 мм 1100 мм
Метр металлический	
Рулетка металлическая	
Угольник поворочный 90° лекальный плоский	УЛП–1–60 УЛП–1–160
Меры длины концевые плоскопараллельные	2–Н7 (2–й класс, набор № 7)
Меры длины концевые плоскопараллельные	2–Н1

2.6.2 Радиографический контроль применяется для обнаружения в сварных соединениях, трещин, пор, шлаковых, вольфрамовых, непроваров, окисных и других включений. Также этот метод контроля применяют для выявления прожогов,

подрезов и для определения величины выпуклости и вогнутости сварного соединения. Радиографический контроль сварных соединений является одним из самых точных.

Для радиографического контроля воспользуемся оборудованием радиографического контроля АРИНА–5 показан на рисунке 2.11 выгодно отличается от аналогичных аппаратов небольшим весом и размерами, что дает возможность панорамного и направленного просвечивания. Благодаря высокой мощности данный аппарат способен излучать детали толщиной до 30 мм при применении пленки D7 в сочетании с усиливающими свинцовыми экранами, а также до 80 мм при условии применения высокочувствительной пленки типа D8, РТ1 в сочетании с усиливающими флуоресцентными экранами ВП–1. В таблице 2.9 представлены обозначения при расшифровке снимков.



Рисунок 2.11 – АРИНА–5

Таблица 2.9 – Для упрощения расшифровки записи снимков и оформления результатов контроля используются условные обозначения, приведенные в таблице.

Тип дефекта	Обозначение		Вид дефекта	Обозначение	
	Русский алфавит	Латинский алфавит		Русский алфавит	Латинский алфавит
Трещины	Т	Е	Трещина вдоль шва	Тв	Еа
			Трещина поперек шва	Тп	Еб
			Трещина разветвленная	Тр	Ес
Непровары	Н	D	Непровар в корне	Нк	Da
			Непровар между валиками	Нв	Db
			Непровар по разделке	Нр	Dc
Поры	П	А	Отдельная пора	П	Aa
			Цепочка	ЦП	Ab
			Скопление	СП	Ac
Шлаковые включения	Ш	В	Отдельное включение	Ш	Va
			Цепочка	ЦШ	Vb
			Скопление	Сш	Vc
Вольфрамовые включения	В	С	Отдельное включение	В	Ca
			Цепочка	ЦВ	Cb
			Скопление	СВ	Cc
Окисные включения	О	О	—	—	—
Вогнутость корня шва	Вгк	Fa			
Выпуклость корня шва	Впк	Fb			
Подрез	Пдр	Fc			
Смещение кромок	Скр	Fd			

С целью упрощения записи общей длины дефектов на участке снимка протяженностью 100 мм или на всем снимке при его длине менее 100 мм необходимо использовать условное обозначение Е.

В условно обозначенных дефектах указываются их размеры в миллиметрах:

для пор, вольфрамовых и шлаковых включений – ширина и длина с помощью знака умножения;

для шлаков и вольфрамовых включений, и пор – диаметр;

для цепочек, скоплений, окисных включений, непроваров и трещин – длина.

Поры, шлаковые и вольфрамовые включения после условного обозначения дефектов, входящих в цепочку или скопление, указываются диаметр или ширина и длина этих дефектов.

Если имеются на снимке изображения с одинаковыми дефектами или с дефектами одного вида с одинаковыми размерами рекомендуется не указывать каждый из дефектов отдельно а указывать перед условным обозначением дефектов их количество.

После обозначения суммарной длины дефектов на участке снимка длиной 100 мм пишется эта длина в миллиметрах.

Если отсутствует изображение дефектов на снимке, а также в случаях, когда протяженность, ширина и суммарная длина дефектов не превосходят заданные максимально допустимые значения, в пункте документации «Соответствует требованиям» пишется «да», в противоположном случае – «нет».

После обнаружения на снимке изображений неоднородностей, не перечисленных в п. 1, в заключении результатов контроля следует указать полное название дефектов.

При радиографическом контроле невозможно выявить следующие виды дефектов; любые неоднородности и включения с размером в направлении просвечивания. Трещины и непровары, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением просвечивания и размеры раскрытия меньше значений, приведенных в таблице 2.10

Таблица 2.10 – Величина раскрытий, мм

Радиационная толщина (по ГОСТ 34034-80)	Раскрытие трещин(непроваров)
До 45	0,1
Св. 45 до 110 включ.	0,2
» 110 » 150 »	0,3
» 150 » 210 »	0,4
» 210	0,5

Радиографическому контролю подвергаются соединения с отношением радиационной толщины наплавленного металла шва к общей радиационной толщине не менее 0,2 мм, имеющие двусторонний доступ, обеспечивающий возможность установки кассеты с радиографической пленкой и источника излучения в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

- 3) положение выхода луча (стрела преобразователя);
- 4) угол прохода ультразвукового луча в металл;
- 5) погрешность глубиномера;
- 6) мертвая зона;
- 7) разрешающая способность по дальности;
- 8) характеристики преобразователя;
- 9) минимальный размер дефекта, фиксируемого при заданной скорости сканирования;
- 10) длительность импульса дефектоскопа.

Пьезоэлектрические преобразователи выбирают с учетом: формы и размеров электроакустического преобразователя; материала призмы и скорости распространения продольной ультразвуковой волны при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$; среднего пути ультразвука в призме.

Частота ультразвуковых колебаний, излучаемых наклонными преобразователями, не должна отличаться от номинального значения более чем на 10 % в диапазоне св. 1,25 МГц, более чем на 20 % в диапазоне до 1,25 МГц.

Положение метки, соответствующей точке выхода луча, не должно отличаться от действительного более чем на ± 1 мм.

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2017.137.00 ПЗ					

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Модернизация технологии предполагает внедрение в цеху сварочных работ. Ремонт сварных швов будем производить ручной дуговой сваркой. Для сварки будем применять электроды Э50А–УОНИ 13/55.Применим сварочный источник КЕМПИ FastMig KMS 300.

Для сварки корневого шва будем применять процесс WiseRoot –это уникальный процесс сварки холодной дугой для ручной и автоматизированной сварки корня шва углеродистой и нержавеющей стали, настраивается основными требованиями клиента. Предназначен для наиболее эффективного выполнения корневых проходов, для компенсации зазоров, получившихся в результате плохой подгонки кромок, процесс WiseRoot в три раза быстрее сварки TIG, его легко освоить и применить на практике.

Для вращения изделия при сварке швов применяются роlikоопоры, показанные на рисунке 3.1. Они применяются для вращения цилиндрических изделий со сварочной скоростью при сварке внутренних и наружных швов.



Рисунок 3.1 – Роlikоопора для вращения изделия в процессе сварки
Технические характеристики роlikоопоры показаны в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Характеристика роlikоопоры для сварки

Характеристика	Значение
Напряжение сети при частоте 50 ГЦ, В	220/380
Мощность двигателей привода вращения, кВт	0,37
Длина приводной/неприводной секции, мм	3100/2480
Ширина приводной/неприводной секции, мм	800/800
Грузоподъемность, кг	14000
Нагрузка (приводная+неприводная опора), кг	11000
Диапазон диаметров свариваемых изделий, мм	300..5500
Скорость вращения, м/мин	0,1...1,5
Наружный диаметр роликов, мм	405
Масса (приводной/неприводной секции), кг	1207 (674/533)

Выводы по разделу:

В разделе рассмотрено оборудование, которое предназначено для модернизации технологии ремонта труб. Предложено сваривать корневой шов ремонтируемого участка с помощью программы WiseRoot которой сила тока и напряжение контролируется с помощью электроники. Дуга при данной технологии позволяет получить дугу стабильную и без образования брызг. Получаем соединение превосходного качества при правильно подобранных параметров. Результатом является низкое тепловложение которое в свою очередь снижает деформации. Преимущества данной технологии легко учиться и пользоваться данной технологией сварка происходит без брызг, позволяет сваривать соединения с широким зазором, высокая производительность, хорошее качество сварных соединений. Возможна сварка во многих пространственных положениях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе было предложено усовершенствовать существующую технологию путем внедрения на предприятии ремонт сварных швов продольных и кольцевых. Ремонт будем производить ручной дуговой сваркой путем выборки дефектных участков.

Для сварки применим электроды Э50А–УОНИ 13/55 марки SE–08–00 от производителя СИБЕС (Россия). Процесс сварки будет производить на роликовых опорах марки TR-15К грузоподъемностью от 15 000 до 240 000 килограммов. Металлические ролики окантованы натуральным каучуком. С дистанционным пультом управления «вперед–стоп–назад», регулировка скорости и кнопка ускорения стандартные. Выбран сварочный источник KEMPI FastMig KMS 300 в котором возможна сварка корневого шва с помощью программы WiseRoot. Сварка данной технологий позволяет получать стабильную дугу без брызг. Результатом является низкое тепловлажнение, снижающее деформации.

Процесс ремонта труб позволит предприятию не утилизировать трубы имеющие дефекты которые возможно отремонтировать путем удаления сварного шва и восстановления его вновь.

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.
2. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 78 с.
3. Шахматов, М. В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек/ М. В. Шахматов, В. В. Ерофеев, В. В. Коваленко – Уфа: Полиграфкомбинат, 1999. – 272 с.
4. Николаев, Г.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учеб. для вузов/ Г. А. Николаев, В. А. Винокуров/Под ред. Г. А. Николаева – М.: Высш.шк., 1990. – 446 с.
5. Куркин, С. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учебник для студентов вузов/ С. А. Куркин, Г. А. Николаев – М.: Высш. шк., 1991. – 398 с., ил.
6. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под. ред. Б. Е. Патона. – М.: «Машиностроение», 1974. – 768 с., ил.
7. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
8. <http://base1.gostedu.ru/47/47574/index.htm>.

					15.03.01.2017.137.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43