

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно – педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и ме-
таллургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н. Гузанов
«___» _____ 2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологического процесса сварки трубопроводов

Исполнитель

студент группы ЗСМ-504

Е.С. Чудиков

Руководитель:

к.т.н., доцент

Н.И. Ульяшин

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 77 страницах, содержит 20 рисунков, 18 таблиц, 30 использованных источников литературы, 2 чертежа формата А1 и 3 плаката формата А1.

Ключевые слова: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ТРУБОПРОВОДА, РЕЖИМЫ СВАРКИ, СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СБОРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПЕРЕПОДГОТОВКА РАБОЧИХ, ПЛАН-КОНСПЕКТ, УЧЕБНЫЙ ПЛАН.

Чудиков Е. «Разработка технологического процесса сварки трубопроводов»: выпускная квалификационная работа / Чудиков Е.С.; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т. Инж.-пед. образования, Каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. –77 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологического процесса сварки трубопроводов».
2. Цель работы: разработать технологию автоматической сварки трубопроводов с помощью орбитальной установки.
3. В ходе выпускной квалификационной работы была проведена замена ручной дуговой сварки трубопроводов на автоматическую. Проведены расчеты режимов автоматической сварки трубопроводов. Выбрано технологическое оборудование.
4. Результаты данной работы могут быть использованы при разработке технологии автоматической сварки трубопроводов толщиной 8 мм.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		4

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....	4
1	Технологический раздел.....	6
1.1	Анализ сварной конструкции.....	6
1.2	Конструктивные особенности изделия.....	8
1.3	Характеристика стали.....	9
1.4	Обоснование выбора конструкционного материал.....	9
1.5	Выбор способа сварки.....	12
1.6	Выбор сварочных материалов.....	20
1.7	Выбор защитного газа	21
1.8	Выбор типа сварных соединений и подготовки кромок.....	21
1.9	Расчет параметров режимов сварки.....	30
1.10	Выбор основного сварочного оборудования.....	35
1.11	Выбор сборочного оборудования.....	38
1.12	Разработка технологии сборки и сварки трубопровода.....	56
2	Методический раздел.....	58
2.1	Сравнительный анализ профессиональных стандартов.....	59
2.2	Разработка учебного плана подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».....	64
2.3	Тематический план предмета «Специальные технологии подготовки рабочих».....	66
2.4	Разработка плана урока по теме «Оборудование для орбитальной сварки.....	66
	Заключение.....	76
	Список использованных источников.....	77
	Приложение А	80

ВВЕДЕНИЕ

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

Ведущее место в машиностроении занимает сварочное производство. Многие узлы и детали, входящие в состав изготавливаемых изделий, машин и оборудования и полученные путем литья, штамповки,ковки, резанием, объединяются между собой с помощью технологических процессов сварки. В самом же сварочном производстве передовое место занимает дуговая сварка. Перспективы развития сварочного производства неразрывно связаны с экономическим потенциалом страны и на сегодня выглядят весьма туманно

В настоящее время особое значение приобрела проблема рационального использования всех имеющихся ресурсов сырья, материалов и электроэнергии. Повышение эффективности использования материальных ресурсов имеет большое значение, как для экономики отдельного предприятия, так и для государства в целом. От того насколько рационально и грамотно используются ресурсы зависит как развитие экономики в целом, так и ее отдельных секторов. Результативность использования материальных ресурсов обеспечивает увеличение объемов производимой продукции при тех же размерах материальных затрат, и даже меньших.

Одним из основных направлений в решении этой проблемы является применение автоматической сварки.

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос монтажа трубопровода.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию монтажа трубопровода и выбор оборудования для реализаций предлагаемой технологий с последующим применением.

Объектом разработки является технология монтажа трубопровода.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки трубы.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки трубы с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант;
- проработать и обосновать проектируемый способ сварки трубы;

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

- провести необходимые расчеты автоматической сварки в среде защитных газов;
- выбрать и обосновать сборочное и сварочное оборудование;
- разработать технологию сварки трубы;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части разработан проектируемый вариант технологического процесса сварки трубы, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки трубы.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие методы:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

1 Технологический раздел

1.1 Анализ сварной конструкции

Магистральные трубопроводы — это трубопроводы и отводы от них диаметром до 1420 мм включительно с избыточным давлением среды свыше 1,18 МПа (12 кгс/см²) до 15 МПа (153 кгс/см²). Магистральные трубопроводы транспортируют:

нефть и нефтепродукты (включая стабильный конденсат и стабильный бензин) от мест их добычи, производства или хранения до мест потребления. При этом к стабильному конденсату и бензину следует относить углеводороды (и их смеси), имеющие упругость насыщенных паров менее 0,2 МПа (2 кгс/см²) при температуре плюс 20°C;

сжиженный углеводородный газ фракций С3 и С4 и их смеси, нестабильный бензин и конденсат нефтяного газа и другие сжиженные углеводороды из районов их добычи или производства до места потребления;

товарную продукцию в пределах компрессорных и нефтеперекачивающих станций, станций подземного хранения газа, дожимных компрессорных станций, газораспределительных станций и узлов замера расхода газа;

воду в системах отопления и прочих системах водоснабжения и пара с температурой до 250°C;

импульсный, топливный и пусковой газ для компрессорных станций, станций подземного хранения газа, газораспределительных станций и узлов замера расхода газ, а также для пунктов редуцирования газа.

Материалом для труб магистральных трубопроводов является сталь. По способу изготовления трубы для магистральных трубопроводов делятся на бесшовные, электросварные прямошовные и сварные со спиральным швом. Трубы диаметром до 500 мм включительно изготавливаются из спокойных и полуспокойных углеродистых и низколегированных сталей. Трубы диаметром до 1020 мм изготавливаются из спокойных и полуспокойных низколегированных сталей. А при изго-

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

товлении труб диаметром до 1420 мм применяются низколегированные стали в термически или термомеханически упрочненном состоянии.

Сварное соединение труб должно быть равнопрочным основному металлу. При этом кривизна труб не должна быть больше, чем 1,5 мм на 1 м длины, а общая кривизна — не больше, чем 0,2 % длины трубы. Длина поставляемых заводом труб должна быть в пределах 10,5—11,6 м. В качестве материала для труб диаметром 1020 мм и более используется листовая и рулонная сталь, прошедшая 100%-ный контроль физическими неразрушающими методами (ультразвуком с последующей расшифровкой дефектных мест путём рентгеновского просвечивания).

Трубопровод представляет собой замкнутую оболочку, изготовленную из листового проката. Он состоит из соединенных сваркой труб, ограниченных между собой промежуточными запорными арматурами, нагнетающими насосами. Трубопровод относится к сварным конструкциям со стенками из листов средней толщины от 2-12 мм, соединенных между собой стыковыми продольными, кольцевыми швами, выполняемыми с разделом кромок.

Трубы изготавливаются по ГОСТ 10705-79.

К сварным соединениям предъявляются высокие требования по плотности и прочности, поэтому стыковые швы должны быть сварены с гарантированным проваром металла по всей его толщине.

Сварка продольных швов производится с одной стороны.

Давление рабочее в трубопроводе – не более 300 МПа, максимальная температура стенки – не более 475°С. Трубопровод относится к металлоконструкциям со стенкой средней толщины (2 ... 12 мм).

Участок магистрального трубопровода (рисунок 1) состоит из линейной части и соединительных деталей, необходимых для подведения трубопровода к насосной станции. Линейная часть (позиция 1,2,3,4) состоит из стальных прямошовных труб диаметром 720 мм и толщиной стенки 10 мм, сваренных в непрерывную нитку. Соединительными деталями линейной части трубопровода явля-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		9

ются отвод (позиция 6), патрубок (позиция 8), концентрический переход (позиция 5) для соединения труб разного диаметра и фланец (позиция 7,9).

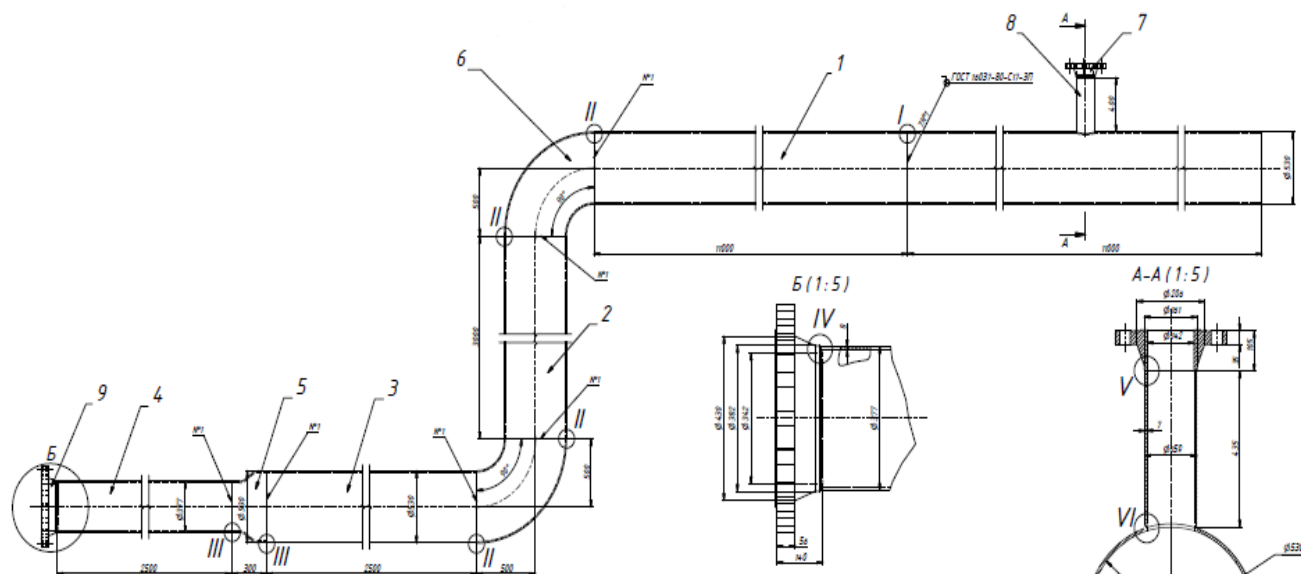


Рисунок 1.1 – Эскиз трубопровода

Трубопровод состоит из соединенных сваркой труб, ограниченных между собой промежуточными запорными арматурами, нагнетающими насосами.

Стандартные электросварные прямошовные трубы, диаметром до 820 мм и толщиной стенки 7-12 мм из углеродистой и низколегированной стали.

1.2 Конструктивные особенности изделия

Для нашей конструкции «Трубопровод» выбираем трубу из стали 17ГС, так как она имеет повышенную коррозионную стойкость и может работать под давлением при комнатной, повышенных и минусовых температурах.

									Лист	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04. 605 ПЗ					10

1.3 Характеристика стали

Таблица 1.1 – Характеристика материала

Марка	Сталь 17ГС
Заменитель	Сталь 17Г1С
Классификация	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций
Применение	Сварные детали, работающие под давлением при температуре от -40 до +475°C

Таблица 1.2 – Химический состав стали 17ГС (ГОСТ 20295-85), в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,15-0,2	0,4-0,6	1-1,4	До 0,3	до 0,04	до 0,035	До 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Скорость общей коррозии 0,4 мм/год

Таблица 1.3 – Технологические свойства стали 17ГС

Свариваемость:	без ограничений
----------------	-----------------

Таблица 1.4 – Механические свойства при T=20°C материала 17ГС

Сортамент	Размер, мм	δ_b (предел кратковременной прочности), МПа	δ_T (предел текучести для остаточной деформации), МПа	δ_5 (относительное удлинение при разрыве), %	КСУ, кДж / м ²
Лист, ГОСТ 5520-79		510	345-355	23	390-440
Трубы, ГОСТ 10705-80		490	343	20	

1.4 Обоснование выбора конструкционного материал

Для изготовления трубопровода используется сталь 17ГС ГОСТ 20295– 85.

Сталь поставляется в листах в термообработанном состоянии. Сталь 17ГС широко используется при изготовлении сварных трубопроводов и т.п. при температуре от - 40° до + 475°C . Химический состав представлен в таблице 2, механические и физические свойства представлены в таблице 4.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		11

Требование к материалу для изготовления труб:

– металл, предназначенный для изготовления труб, не должен иметь трещин, закатов, расслоений, пузырей, неметаллических включений и других дефектов, влияющих на его прочность и плотность. Качество листовой стали должно удовлетворять требованиям ГОСТ 5520-79,

– не допускается зачистка поверхности дефектов на глубину, выводящую толщину проката за предельные отклонения.

Сталь 17ГС – низкоуглеродистая низколегированная конструкционная сталь хорошо свариваемая (обладает хорошей физической и технологической свариваемостью), хорошими прочностными свойствами: предел прочности при растяжении $\sigma_B = 510$ МПа; предел текучести $\sigma_T = 355$ МПа; относительное удлинение $\delta \geq 23\%$.

Суммарное содержание легирующих элементов в низколегированных сталях не превышает 4,0%, что обуславливает их относительно низкую стоимость и хорошие прочностные свойства. Наличие марганца в стали повышает ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивая удовлетворительную свариваемость.

Сопротивляемость образованию холодных трещин

Для определения склонности стали к холодным трещинам необходимо рассчитать величину углеродного эквивалента ($C_{\text{экв}}$). Узнав эту величину, можно выяснить к какой группе сталей относится наша сталь, и нужен ли при сварке подогрев и последующая термообработка.

Расчет значения эквивалента углерода (согласно ГОСТ 27772-88) производится по формуле:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Mo}{10} + \frac{V}{10} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{10} \leq 0,4 \quad (1.1)$$

где С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора, %.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		12

Свариваемость считается удовлетворительной при $C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,45$.

Расчёт $C_{\text{ЭКВ}}$ для стали 17ГС

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,2 + \frac{1,6}{20} + \frac{0}{10} + \frac{0}{10} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{10} = 0,33$$

Свариваемость стали без ограничения так $C_{\text{ЭКВ}}$ равное 0,33 % входит в пределы удовлетворительной свариваемости.

Помимо этого необходимо отметить, что научная литература и производственный опыт указывают, что сталь 17 ГС небольших толщин до 12 мм можно сваривать без термообработки.

То есть сталь 17ГС не склонна к образованию холодных трещин.

Сопротивляемость к образованию горячих трещин.

Вероятность появления при сварке или наплавке горячих трещин можно определить по показателю Уилкинсона

$$HCS = \frac{C(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100})1000}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.2)$$

где H(T)CS (high temperature cracking sensitivity) - параметр, оценивающий склонность сварных швов к кристаллизационным горячим трещинам;

C, S и др. - химич. элементы, %. C, S, P и др. химич. элементы, %.

Если $HCS > 4$, то сварные швы потенциально склонны к горячим трещинам.

Расчёт HCS для стали 17 ГС:

$$HCS = \frac{0,2(0,04 + 0,03 + \frac{0,6}{25} + \frac{0,3}{100})1000}{3 \cdot 1,6 + 0,3 + 0 + 0} = 3,8$$

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

$HCS \leq 4$, сталь не склонна к образованию горячих трещин.

Сталь 17ГС относится к группе свариваемости – хорошо свариваемая. Она имеет благоприятные показатели свариваемости и при соблюдении определенных условий может быть сварена всеми видами сварки, имеющими промышленное значение. При этом сварные швы обладают необходимой стойкостью против образования кристаллизационных трещин, вследствие пониженного содержания углерода. Образование кристаллизационных трещин возможно лишь в случае неблагоприятной формы провара, например в угловых швах, в первом слое многослойного шва, односторонних швах с полным проваром кромок.

Заменители данной стали: 17ГС и зарубежные аналоги.

Сталь 17ГС относится к группе не закаливающих сталей, не склонных к перегреву и образованию трещин. Стали данной группы свариваются без особых ограничений, независимо от толщины металла, температуры окружающего воздуха и жесткости изделия, в широком интервале режимов сварки.

В связи с оптимизацией производства на монтаже трубопроводов целесообразно заменить ручную дуговую сварку стыков труб на автоматическую сварку в инертных газах. Это поможет снизить время на процесс сварки и затраты на сварочные материалы, в остальном технологический процесс сборки и сварки трубопровода остается без изменений.

1.5 Выбор способа сварки

Ручная дуговая сварка

Дуговая сварка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остается одним из самых распространенных методов. Используемых при изготовлении сварных конструкций. Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможность выполнения сварки в различных про-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки.

Существенный недостаток ручной дуговой сварки покрытым электродом – малая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика.

К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный и переменный сварочный ток. Дуга 1 расплавляет металлический стержень электрода 2, его покрытие и основной металл 3 [6]. Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель 4, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну 5. В сварочной ванне расплавленный металл электрода и основного металла смешивается, а расплавленный шлак всплывает на поверхность, образуя шлаковую корку 6, как показано на рисунке 2.

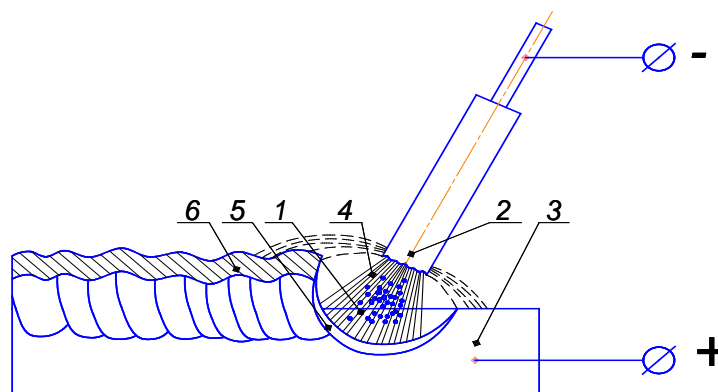


Рисунок 1.2 – Ручная дуговая сварка покрытым электродом

При сварке низкоуглеродистой низколегированной стали используются электроды АНО – 1, СМ – 11, ОЗС – 2, ОК-46, УОНИ-13/55.

Размеры сварочной ванны зависят от режима сварки и обычно находятся в пределах: глубина до 7 мм, ширина 8 – 15 мм, длина 10 – 30 мм. Доля участия основного металла в формировании металла шва обычно составляет (15 – 35%).

Преимущества ручной дуговой сварки

– возможность сварки в любых пространственных положениях;

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота и транспортабельность сварочного оборудования.

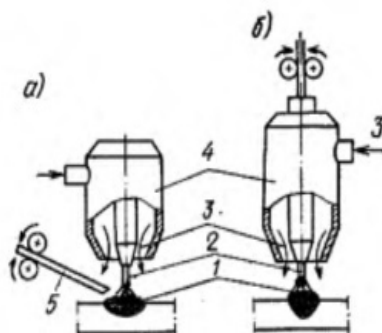
Недостатки ручной дуговой сварки

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;
- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика; вредные условия процесса сварки.

Автоматическая сварка в среде защитных газов

Сварка в защитных газах нашла широкое применение в промышленности. Этим способом можно соединять в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей миллиметров до десятков миллиметров.

В зону сварки защитный газ может подаваться центрально (рисунок 3), а при повышенных скоростях сварки плавящимся электродом - сбоку. Для экономии расхода дефицитных и дорогих инертных газов используют защиту двумя отдельными потоками газов; наружный поток - обычно углекислый газ.



а – неплавящийся электрод; б - плавящийся электрод;
 1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 - защитный газ;
 4 – горелка; 5 – присадочная проволока.

Рисунок 1.3 – Схемы сварки в защитных газах

Смесь инертных газов с активными рекомендуется применять и для повышения устойчивости дуги, увеличения глубины проплавления и изменения формы шва, металлургической обработки расплавленного металла, повышения производительности сварки. При сварке в смеси газов повышается переход электродного металла в шов.

Смесь аргона с 1—5% кислорода используют для сварки плавящимся электродом низкоуглеродистой и легированной стали. Добавка кислорода к аргону понижает критический ток, предупреждает возникновение пор, улучшает форму шва.

Смесь аргона с 10—25% углекислого газа применяют при сварке плавящимся электродом. Добавка углекислого газа при сварке углеродистых сталей позволяет избежать образование пор, несколько повышает стабильность дуги и надежность защиты зоны сварки при наличии сквозняков, улучшает формирование шва при сварке тонколистового металла.

Смесь аргона с углекислым газом (до 20%) и с не более 5% кислорода используют при сварке плавящимся электродом углеродистых и легированных сталей. Добавки активных газов улучшают стабильность дуги, формирование швов и предупреждают пористость.

Смесь углекислого газа с кислородом (до 20%) применяют при сварке плавящимся электродом углеродистой стали. Эта смесь имеет высокую окислительную способность, обеспечивает глубокое проплавление и хорошую форму, предохраняет шов от пористости.

Тепловой дугой расплавляется основной металл и электродная проволока. Расплавленный металл сварочной ванны кристаллизуется, образуя сварной шов. В качестве защитного газа применяется аргон (гелий).

Сварку выполняют проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Структура и свойства металла шва и околошовной зоны зависят от марки использованной проволоки, состава и свойств основного металла и режима сварки.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

На свойства металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании азота и водорода, а также влаги в швах могут образовываться поры. Сварка в углекислом газе менее чувствительна к отрицательному влиянию ржавчины.

Оптимальное расстояние от сопла горелки до изделия лежит в пределах 15-25 мм. Если вылет электрода больше, то может нарушиться газовая защита сварочной ванны. При меньшем вылете электрода быстро изнашивается токоподводящий мундштук и ухудшаются условия формирования шва.

Недостатками данного способа сварки являются:

- дефицитность и высокая стоимость инертных защитных газов;
- необходимость защиты сварщика от светового и теплового излучения.

Достоинства способа:

Основные преимущества сварки в среде защитных газов (по сравнению со сваркой под флюсом и сваркой электродами):

- повышенная степень защиты металлов от окисления на открытом воздухе;

удобство в использовании данного типа сварочного аппарата при работе в различных пространственных положениях;

- при использовании в качестве защиты смеси газов К-18, на поверхности сварочного шва не возникает шлаковых включений и оксидов;

– при использовании сварки в среде защитных газов возможно наблюдение за процессом формирования сварочного шва и его регулирование;

- большая производительность и эффективность, чем при использовании дуговой сварки;

- низкое разбрызгивание присадочного металла в смеси газов К-18.

Области применения:

Область применения сварки в среде защитных газов чрезвычайно широка. Её используют для соединения узлов летательных аппаратов, трубопроводов,

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

для сварки тугоплавких (титана, ниобия и т.п.) и цветных металлов (алюминий, медь).

Автоматическая сварка под слоем флюса

Оптимальной особенностью данного способа сварки является то, что сварочная дуга горит не на открытом воздухе, а под слоем флюса, как показано на рисунке 1.4.

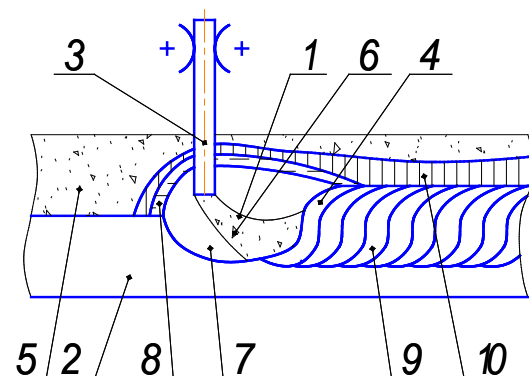


Рисунок 1.4 – Автоматическая сварка под слоем флюса

Под действием тепла дуги 1 расплавляется основной металл 2, электродная проволока 3 и часть флюса 5, непосредственно прилегающая к зоне сварки. Электродная проволока подается в зону сварки со скоростью ее плавления и переходит в сварочную ванну 4 в виде капель 6. Расплавленный флюс образует плотную эластичную оболочку – газовый пузырь 7, созданный слоем жидкого флюса 8. Внутри газового пузыря создается избыточное давление паров, которое и удерживает жидкий флюс и оттесняет часть расплавленного металла в противоположном относительно направления сварки. После кристаллизации сварочной ванны образуется сварной шов 9, покрытый шлаковой коркой 10.

Высокая производительность при сварке под слоем флюса достигается за счет использования больших токов и высоких плотностей тока в электроде. Благодаря плотному слою флюса, окружающему зону сварки, высокие значения сварочного тока и плотностей тока, потери электродного металла на разбрызгивание и угар не составляют, а так же не ухудшают условия формирования шва, кроме того предотвращается выдувание жидкого металла из сварочной ванны. Это позволяет

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04. 605 ПЗ					

производить сварку металла без разделки кромок на высоких скоростях. Основное назначение флюса – защита сварочной ванны от вредного воздействия кислорода и азота атмосферы.

Для сварки низкоуглеродистых, низколегированных сталей в настоящее время применяют флюсы АН-17, АН-15, АН-42. Электродную проволоку выбирают по марке свариваемого металла.

Сварку под слоем флюса можно выполнять как на переменном так и на постоянном токе. При сварке постоянном токе на процесс обычно ведут на обратной полярности. Существенным недостатком сварки под слоем флюса является возможность ее выполнения только в нижнем положении, т.к. при наклоне даже на 15° флюс сыпается, а так же стекает жидкий металл.

Автоматическая сварка под слоем флюса получила широкое распространение благодаря высокой производительности процесса.

Достоинства способа:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- отсутствие брызг;
- максимально надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;
- не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;
- низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;
- малые затраты на подготовку кадров;
- отсутствует влияния субъективного фактора.

Недостатки способа:

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

- трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;
- трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;
- неблагоприятное воздействие на оператора;
- нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования.

Области применения:

- сварка в цеховых и монтажных условиях
- сварка металлов от 1,5 до 150 мм и более;
- сварка всех металлов и сплавов, разнородных металлов.
- пути повышения производительности:
 - сварка (наплавка) независимой дугой, горящей между двумя электродами (к изделию ток не подводят); при большом расстоянии от дуги до поверхности изделия основной металл вообще не проплавляется.
 - сварка трёхфазной дугой, при которой глубина проплавления зависит от соотношения токов в дугах, горящих между электродами и изделием.
 - сварка разнородными дугами. Питание дуги между электродами и изделием осуществляется при этом постоянным током, а дуги между электродами - переменным током.
 - однофазная двухэлектродная наплавка, основанная на питании электродов и изделия от концов и середины вторичной обмотки сварочного трансформатора.
 - наплавка с подачей присадочной проволоки в дугу (к проволоке ток не подводят).
 - сварка (наплавка) по подкладке из металла требуемого химического состава и выполняющую функции теплопоглощения сварочной дуги и повышения коэффициента наплавки.
 - сварка комбинированной дугой (зависимой и независимой, горящей между основным и дополнительным электродами).

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

- сварка расщеплённым электродом.
- сварка (наплавка) ленточным электродом.
- сварка многодуговая: в общую ванну; в разделённые ванны.

Вывод:

Из проведенного выше анализа и экономических соображений для сварки кольцевых швов трубопровода выбираем автоматическую сварку в среде инертных газов неплавящимся электродом, а скользящие опоры и швы прихваток будут свариваться ручной дуговой сваркой.

1.6 Выбор сварочных материалов

Электродная проволока

Правильный выбор марки электродной проволоки для сварки – один из главных элементов разработки технологии автоматизированной сварки в среде защитных газов. Химический состав электродной проволоки определяет состав металла шва и, следовательно, его механические свойства .

При автоматизированной сварке под флюсом и механизированной сварке в смеси газов используют проволоку, выпускаемую промышленностью по ГОСТ 2246 – 70. Для сварки выбираем сварочную проволоку марки Св-08Г2С, химический состав которых приведен в таблице 1.4.

Таблица 1.5 – Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ2246-70, %

Сталь, марка провол.	Химические элементы								
	С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
								Не более	
Св-08Г2С	≤ 0,10	≤ 0,95	≤ 2,1	≤ 0,20	≤ 0,25	0,15	–	0,025	0,030

Каждая партия сварочной проволоки перед выдачей на производственный участок должна быть проконтролирована путем осмотра поверхности проволоки в каждой бухте. На поверхности проволоки не должно быть окалины, ржавчины, следов смазки, вмятин и других дефектов и загрязнений. Каждая бухта легиро-

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04. 605 ПЗ					

ванной проволоки сплошного сечения перед сваркой (независимо от способа сварки) должна быть проверена на соответствие содержания основных легирующих элементов. При неудовлетворительных результатах бухта не может быть использована для сварки до установления точного химического состава проволоки количественным химическим анализом.

1.7 Выбор защитного газа

Основной металл – сталь 17ГС допускает применение активного инертного защитного газа –аргон..

В нашем случае происходит сварка ответственной конструкции, следовательно к качеству шва предъявляются высокие требования.

Поэтому, для повышения качества соединений нами предложено использовать в качестве защитного газа аргон. Кроме внешнего вида шва данная смесь обеспечивает лучшие свойства металла шва по сравнению с CO_2 , поскольку при сварке в данном газе имеем меньшее окисление элементов металла сварочной ванны чем при сварке в чистом CO_2 . Выбираем газовую смесь К-18.

Способ поставки газа, учитывая организацию сварочных работ, выбираем централизованный.

1.8 Выбор типа сварных соединений и подготовки кромок

В данном изделии имеются два основных типа сварных швов: Тип 1

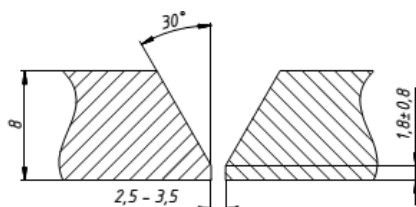


Рисунок 1.5 – Сварное соединение С17

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

Выбираем тип шва С17 (односторонний без подкладки с двухсторонней разделкой кромок) из ГОСТ 16037-80 (Соединения сварные стальных трубопроводов). Способ сварки исходя из вышеизложенного – механизированная в среде защитных газов.

Тип 2 (рисунок 1.6) – соединения VI, это нестандартный шов, толщина свариваемого металла 8 мм и для 7 мм.

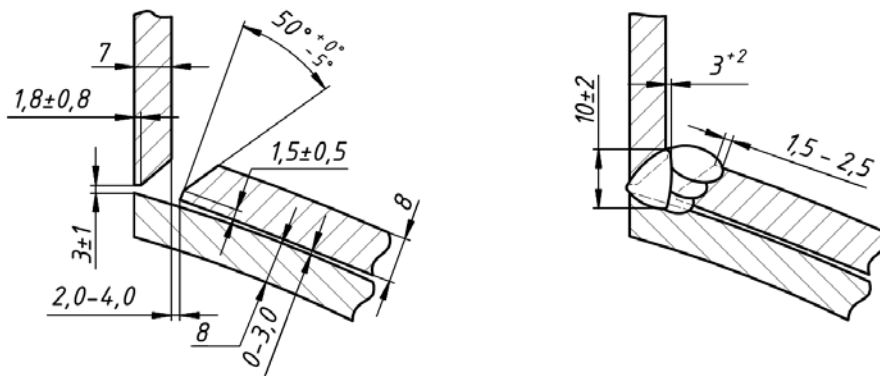
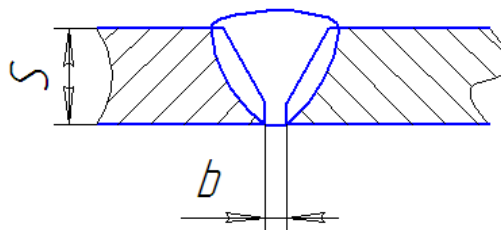


Рисунок 1.6 – Сварное соединение

1.9 Расчет параметров режимов сварки

Расчет параметров режима сварки соединения С17 по ГОСТ 14771-76



$$S=8 \text{ мм}; b=1 \text{ мм}; c=1$$

Рисунок 1.7 - Сварное соединение С17

Площадь наплавленного металла F_n

$$F_n = 7 \cdot 4 + 8 + 8 \cdot 1.5 = 48 \text{ мм}^2$$

Сварку шва С17 общей площадью 48 мм^2 будем выполнять в 2 прохода

Диаметр присадочной проволоки

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

24

$$d_{эп} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05h_p \quad (1.2)$$

$$d_{эп} = \sqrt[4]{8} \approx 1.61 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{эп} = 1,2 \text{ мм}$

Глубина проплавления h_p

$$h_p = 0,7 S - 0,5b$$

$$h_p = 0,7 \cdot 8 - 0,5 \cdot 1 = 5,1 \text{ мм}$$

Принимаем $h_p = 5 \text{ мм}$.

$$d_{э} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.3)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{э} = 0,12 \cdot 44^{0.625} = 1,2 \text{ мм}$$

Примем $d_{э} = 1,2 \text{ мм}$, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{св}$ для корневого шва через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

$$I_{св} = \frac{h_{к1}}{K_H} 100, A \quad (1.4)$$

$$I_{св} = \frac{5,1}{2.9} 100 = 175 A$$

Примем $I_{св} = 175 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

$$l_{\text{Э}} = 10d_{\text{Э}} \pm 2d_{\text{Э}} \quad (1.5)$$

$$l_{\text{Э}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока j :

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{CB}}}{\pi d_{\text{Э}}^2} \quad (1.6)$$

$$j = \frac{4 \cdot 175}{3,14 \cdot 1,2^2} = 155 \text{ А/мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5] при условии, что при величине сварочного тока более 210 А при сварке проволокой диаметром 1,2 мм величина потерь составляет 1,5 %.

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{\text{CB}}^{0,32} \cdot l_{\text{Э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{Э}}^{0,64}} \quad (1.7)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 175^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 9,82 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.8)$$

$$\alpha_H = 9,82 \frac{100 - 3,8}{100} = 9,52 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{\text{CB1}} = \frac{\alpha_H \cdot I_{\text{CB}}}{3600 \rho \cdot F_{\text{H1}}} \quad (1.9)$$

$$V_{CB1} = \frac{9.5 \cdot 175}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.20} = 10,6 \text{ м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.10)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 175 = 22.75 \approx 23 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.11)$$

$$q_n = \frac{175 \cdot 23 \cdot 0,75}{0,09} = 33542 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 175) \frac{1,2 \cdot 23}{175} = 2,5$$

где $\psi_{ПР}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициентом $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		27

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПП}}} \quad (1.12)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{33542}{2,5}} = 4,5 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления заданная $h = 5,0$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 4,5$ мм. Результат расчета удовлетворительный.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot F_{Hi} \cdot V_{Cв} \cdot (1 + 0.01\psi_p)}{\pi \cdot d_{Э.Пл}^2} \quad (1.13)$$

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot 44 \cdot 10.6 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2,5)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 430 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.6 - Параметры режима сварки корневого шва

$d_{Э}$, мм	$I_{Cв, А}$	$l_{Э}$, мм	$V_{Cв}$, м/ч	$U_{д}$, В	$V_{ПП}$, м/ч	$F_{Н1}$, мм ²
1,2	175±5	12±2,4	10,6±1	23	430	20

Рассчитаем режимы 2 прохода (основного)

1. Рассчитаем площадь наплавленного металла для второго прохода

$$F_H = F_{корн} + F_{осн} \quad (1.29)$$

$$F_{осн} = F_H - F_{корн}$$

$$F_H = 48 - 20 \approx 28 \text{ мм}^2$$

$$h_p = 6 \text{ мм}$$

где h_p – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{Э}$ по формуле [5]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.33)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 42^{0.625} = 1,24 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,2$ мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]. сварной шов сечением 28 мм^2 . Глубина проплавления второго слоя составит 8 мм.

$$I_{\text{св}} = \frac{hp}{K_H} 100, \text{ А} \quad (1.34)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{6}{2,9} 100 = 207 \text{ А}$$

Примем $I_{\text{св}} = 205 \pm 5 \text{ А}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.35)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

плотность тока, $\text{А}/\text{мм}^2$

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.36)$$

$$j = \frac{4 \cdot 205}{3,14 \cdot 1,2^2} = 181 \text{ А}/\text{мм}^2$$

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		29

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]. При величине сварочного тока менее 210 А потери электродного металла на угар и разбрызгивание составят 3,8 %.

$$\alpha_P = 1.21 \cdot I_{CB}^{0.32} \cdot l_{\text{Э}}^{0.39} \frac{1}{d_{\text{Э}}^{0.64}} \quad (1.37)$$

$$\alpha_P = 1.21 \cdot 205^{0.32} \cdot 12^{0.39} \frac{1}{1,2^{0.64}} = 13,85 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.38)$$

$$\alpha_H = 13,85 \frac{100 - 3,8}{100} = 13,32 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}$$

где α_P – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.39)$$

$$V_{CB1} = \frac{13,32 \cdot 205}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,28} = 0,4 \text{ см} / \text{с} = 16,56 \approx 17 \text{ м} / \text{ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г} / \text{см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.40)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 205 = 24 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (1.41)$$

$$q_n = \frac{205 \cdot 24 \cdot 0,75}{0,4} = 15375 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{\text{Э}} U_d}{I_{CB}} \quad (1.42)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 205) \frac{1,2 \cdot 24}{205} = 2,3$$

где $\psi_{ПР}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.43)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{15375}{2,3}} = 0,65 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 0,6$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 6,5$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.44)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 42 \cdot 17 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2,3)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 645 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.7 - Параметры режима сварки второго прохода

$d_{\text{Э}}$, мм	$I_{\text{СВ}}$	$l_{\text{Э}}$, мм	$V_{\text{СВ}}$, м/ч	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{Пл}}$, м/ч	$F_{\text{Нл}}$, мм ²
1,2	205±5	12±2,4	17±1	24±2	645±10	28

1.9.1 Расчет параметров режимов сварки шва №2

Трубопровод, как сварная конструкция собран и сварен нестандартным соединением. В соединении применены угловые швы катетом 8 (в соответствии с таблицей деталей).

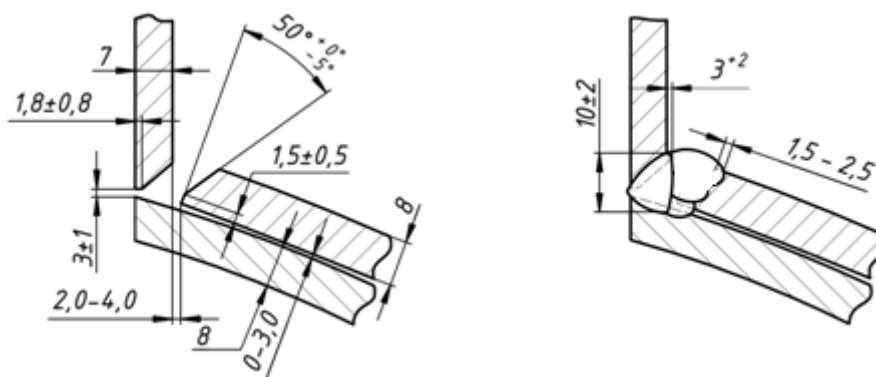


Рисунок 1.8 – Нестандартный сварной шов №2

2. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №2 (проход 1)

$$F_{\text{Н}} = F_1 + F_2 \quad (1.14)$$

$$F_1 = 0.73q_{\text{е}} \quad (1.15)$$

$$F_2 = \frac{K^2}{2} \quad (1.16)$$

где q – выпуклость сварного шва, мм, $q = 2$ мм

e – ширина сварного шва, $e = 5$ мм

K – условный геометрический катет шва, $K = 7,8$ мм

$$F_1 = 0.73 \cdot 2 \cdot 10 = 14.6 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{7,8^2}{2} = 31.0 \text{ мм}^2$$

$$F_H = 14,6 + 31,0 = 45,6 \approx 46 \text{ мм}^2$$

При сварке в защитном газе допускается получение сечений наплавленного металла сварного шва до 65 мм^2 . Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 1 прохода. Примем площадь наплавленного металла равной $F_{H1} = 16 \text{ мм}^2$, что предполагает получение сварного шва катетом $K = 4$ мм по формуле [5]

$$h_{K1} = (0,7 \div 1,1)K \quad (1.17)$$

$$h_{K1} = (0,7 \div 1,1) \cdot 7,8 = 5,46 \div 8,58 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм.

Примем $h_{K1} = 7$ мм.

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{э}}$ по формуле [5]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.18)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 46^{0.625} = 1,26 \text{ мм}$$

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		33

Примем $d_{\text{э}} = 1,2$ мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_{H} принимаем из таблицы [2]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{\text{к1}}}{K_{\text{H}}} 100, \text{ A} \quad (1.19)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{7}{2,9} 100 = 275 \text{ A}$$

Примем $I_{\text{св}} = 275 \pm 5 \text{ A}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.20)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока j :

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.21)$$

$$j = \frac{4 \cdot 275}{3,14 \cdot 1,2^2} = 244 \text{ A / мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5] при условии, что при величине сварочного тока более 210 А при сварке проволокой диаметром 1,2 мм величина потерь составляет 1,5 %.

$$\alpha_{\text{р}} = 1,21 \cdot I_{\text{св}}^{0,32} \cdot l_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.22)$$

$$\alpha_{\text{р}} = 1,21 \cdot 275^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 14,92 \text{ г / A} \cdot \text{ч}$$

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.23)$$

$$\alpha_H = 15,78 \frac{100 - 1,5}{100} = 14,72 / A \cdot ч$$

где α_P – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.24)$$

$$V_{CB1} = \frac{14,7 \cdot 275}{3600 \cdot 7,8 \cdot 42} = 0,41 \text{ см / с} = 15,7 \text{ м / ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.25)$$

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot 275 = 27,75 \approx 28 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (1.26)$$

$$q_n = \frac{275 \cdot 28 \cdot 0,75}{0,41} = 14085 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 275) \frac{1,2 \cdot 28}{275} = 1,82$$

где $\psi_{ПР}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.27)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{14085}{1,82}} = 0,72 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления заданная глубина проплавления $h = 8$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 7,2$ мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot F_{Нл} \cdot V_{Св} \cdot (1 + 0,01 \psi_{ПР})}{\pi \cdot d_{Э.Пл}^2} \quad (1.28)$$

$$V_{Э.Пл} = \frac{4 \cdot 46 \cdot 15 \cdot (1 + 0,01 \cdot 1,5)}{3,14 \cdot 1,2^2} = 580 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.8 - Параметры режима сварки соединения

$d_{Э}$, мм	$I_{СВ}$	$l_{Э}$, мм	$V_{СВ}$, м/ч	$U_{д}$, В	$V_{ПШ}$, м/ч	$F_{Нл}$, мм ²
1,2	275±5	12±2,4	15±1	28±2	580±10	46

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>		Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			36

1.10 Выбор основного сварочного оборудования

По результатам расчетов параметров режима сварки для автоматической сварки под флюсом продольных и кольцевых наружных швов выбираем сварочный автомат PRD-100, который предназначен для дуговой сварки неплавящимся электродом на постоянном токе в среде инертных газов изделий из малоуглеродистых и низколегированных сталей, с водяным охлаждением горелки.

Установка орбитальной сварки состоит из нескольких основных компонентов. Одним из основных является источник питания. С ним в комплекте идет контроллер, отвечающий за параметры рабочих режимов. Основным рабочим инструментом является сварочная голова, которая работает вместе с механизмом автоматической подачи проволоки. Этот механизм может работать на нескольких скоростях, в зависимости от заданных условий работы. Иногда требуется теплоноситель, который также входит в конструкцию. Крепление головы делается таким образом, чтобы она могла перемещаться вокруг трубы, по так называемой орбите.

Автомат PRD-100 имеет возможность осуществлять сварку одной горелкой, так же есть функция поперечного колебания. Состоит из корпуса, привода перемещения, роликов с помощью которых перемещается по хомути-направляющей, привода поперечного перемещения сварочной головки, системы водяного охлаждения .

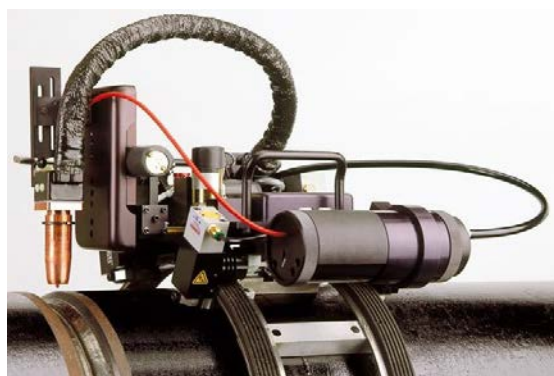


Рисунок 1.9 – Установка для сварки PRD-100

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

Головка PRD 100 разработана для сварки труб больших диаметров неплавящимся электродом в среде инертного газа (TIG). Точное и высокотехнологичное исполнение позволяет качественно и быстро сваривать трубы наружным диаметром от 100 и более мм. Иными словами, головка может перемещаться по плоскости. Данная головка имеет компактное исполнение и требует очень малого пространства вокруг наружной поверхностью свариваемой трубы - всего 73 мм (в радиальном направлении).

Головка имеет водяное охлаждение и работает на сварочном токе до 400 А (импульсный режим). Перемещение головки осуществляется по направляющим, которые быстро и точно фиксируются на трубе. Программа цикла сварки с установленными величинами сварочных параметров контролируется микропроцессорной системой. Головка PRD оснащена функцией контроля напряжения на дуге, системой поперечных колебаний.

Совместима для работы со сварочным источником MechTig 4000i с блоком управления MechControl 4.

Поставка включает:

Сварочная головка PRD 100 поставляется с шлейфом соединительных шлангов и кабелей (ток, газ, вода) длиной 8 м и кабелем питания электродвигателя.

Таблица 1.9 – Техническая характеристика установка для сварки головка PRD 100

Тип сварочного процесса TIG MIG/MAG,	"холодная проволока" плазма
Диаметр сварочной проволоки, мм TIG MIG/MAG	0,8 ; 0,9 ; 1,0 ; 1,2 0,8 ; 1,0 ; 1,2; 1,4 ; 1,6
Напряжение питания, В	380
Диаметр трубы (мин./ макс.) , мм	от 140 мм до бесконечности
Скорость подачи проволоки, м/мин	
TIG	2,8
TIG FC	7,9
MIG/MAG	7,9
Скорость сварки, мм/мин	30-1000
Скорость перемещения, мм/мин	30-2000

Угол поворота свар. головки относит. вертик. оси, °	±90 град
Угол поворота свар. головки относит. гориз. оси, °	±45
Габаритные размеры, мм	550x450x270 мм
Вес, кг	16

Источники питания серии ВДУ

Источники питания серии ВДУ называют универсальными сварочными выпрямителям, так как их электрические схемы предусматривают переключения для работы, как с жёсткими, так и с падающими внешними характеристиками. Универсальные сварочные выпрямители серии ВДУ обеспечивают плавное дистанционное регулирование выходных тока и напряжения, стабилизацию режима при изменениях напряжения сети. Выпрямители работают с принудительным воздушным охлаждением. Включение выпрямителя в силовую сеть и защита от кратковременных аварийных коротких замыканий в цепях установки осуществляется сетевым автоматическим выключателем, защита от перегрузок в процессе работы – тепловыми реле магнитных пускателей. Сварочные выпрямители серии ВДУ выполняют в однокорпусном исполнении.



Рисунок 1.10 - Сварочный источник Protig 450

Сварочный источник Protig 450 прекрасно работает с головками А21 для стыковой сварки труб, с головками А22 для сварки труб с трубной доской и с модульной сварочной системой А25. Этот источник необходим при сварке выше-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		39

указанными головками с поперечными колебаниями и AVC (АРНД). Protig 450 может разделить сварочные программы на большое количество отдельных независимых секторов. Источник оборудован блоком RS 232, позволяющим использовать компьютерную программу мониторинга сварочных параметров во время проведения сварки — Weldox WMSTM 4000. Программа SPS 4000 — это компьютерная программа документирования (без возможности мониторинга). ПК с ЕМС защитой от сварочных помех предоставляет заказчик.

Таблица 1.10 – Технические характеристики сварочного источника Protig 450

	Protig 450	Protig 450
Напряжение сети, В/Гц	3×400/50-60	3×230-400-500/50,3×208-230-
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5-450	460-475/60
Макс, сварочный ток при ПВ 45%, А	450	5-450
Макс, сварочный ток при ПВ 100%, А	360	450
Напряжение холостого хода, В :	50-60	360
Мощность холостого хода, Вт	520	50-60
Габариты, мм	734x489x695	520
Масса, кг	113	734x489x695 159

1.11 Выбор сборочного оборудования

Выбор сборочно-сварочных оборудования и приспособлений (оснастки) производится в соответствии с предварительно избранными способами сборки-сварки узлов. При разработке данного вопроса необходимо учитывать то, что выбор сборочно-сварочного оборудования и приспособлений должен обеспечить следующее:

- уменьшение трудоёмкости работ, повышение производительности труда, хранение длительности производственного цикла;
- облегчение условий труда;
- повышение точности работ, улучшение качества продукции, сохранение заданной формы свариваемых изделий путём соответствующего закрепления их для уменьшения деформаций при сварке.

Приспособления должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать доступность к местам установки деталей к рукояткам зажимных и фиксирующих устройств, к местам прихватов и сварки;
- обеспечивать наивыгоднейший порядок сборки;
- должны быть достаточно прочными и жёсткими, чтобы обеспечить точное закрепление деталей в требуемом положении и препятствовать их деформации при сварке;
- обеспечивать такие положения изделий, при которых было бы наименьшее число поворотов, как при наложении прихваток, так и при сварке;
- обеспечивать свободный доступ при проверке изделия;
- обеспечивать безопасное выполнение сборочно-сварочных работ.

В проекте для изготовления трубопровода выбрано стандартное сборочное оборудование и приспособления.

Прямая электрошлифовальная машина ИЭ – 2004А

Электрошлифовальная машина ИЭ – 2004А предназначена для зачистки абразивным кругом сварных швов чугуна и стального литья, очистки металлоконструкций от коррозии и других работ, общий вид представлен на рисунке 21. Скорость вращения шпинделя определяется максимально допустимой скоростью вращения абразивного круга. Для ручных машин она не должна превышать 25...30 м/с, что достигается применением понижающей одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи [19].

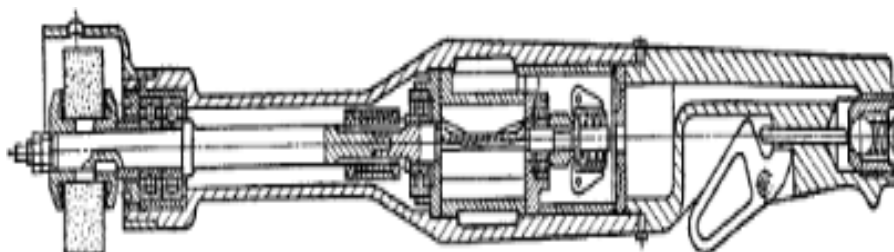


Рисунок 1.11 – Прямая электрошлифовальная машина ИЭ-2004А

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

Таблица 1.11 - Техническая характеристика

Диаметр шлифовального круга, мм	150
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	3800
Мощность электродвигателя кВт	0,8
Частота тока, Гц	200
Напряжение силовой цепи, В	36
Габаритные размеры:	
длина, мм	609
ширина, мм	204
высота, мм	117
Масса, кг	6,5

Ручной электрический фаскосниматель (кромкорез) ОМСА МФ-760



Рисунок 1.12 - Ручной электрический фаскосниматель (кромкорез) ОМСА МФ-760.

При достаточно небольшой массе - 13 кг, ОМСА МФ-760 является мощным фаскоснимательным агрегатом, позволяющим снимать фаску с листового металла глубиной и шириной до 15 мм. При этом угол фаски может варироваться от 15 до 45°

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04. 605 ПЗ					

Фаскосниматель располагается на кромке листа таким образом: горизонтальная направляющая располагается на кромке листа, а вертикальная направляющая — на торце листа. Фаскосниматель перемещается вдоль кромки в ручную, не обнаруживая затруднений и вибраций в процессе работы. Скорость обработки зависит от материала и ширины и достигает 1,5 м/мин.

Применяя дополнительное приспособление, можно выполнять торцевание кромки, т.е. фрезерование ее под прямым углом. Также имеется специальный комплект принадлежностей, для снятия фаски под углом 60°. При работе с мелкими деталями, используется подставка, позволяющая работать с аппаратом стационарно.

Таблица 1.12 - Технические характеристики фаскоснимателей серии МФ-760

Вид обработки	Фрезерование кромки, торцевание, скругление кромки
Ширина фаски	15 мм
Глубина фаски	15 мм
Угол фаски	15 - 45°
Электродвигатель	220В, 1кВт, 2900 об/мин
Габаритные размеры	250 x 250 x 370 мм
Вес	13 кг

Аппараты серии МФ достаточно легкие — от 10 до 13 кг, что позволяет применять их без дополнительных приспособлений.

Применяя дополнительное приспособление, можно выполнять торцевание кромки, т.е. фрезерование ее под прямым углом. Также имеется специальный комплект принадлежностей, для снятия фаски под углом 60°. При работе с мелкими деталями используется подставка, позволяющая работать с аппаратом стационарно. Для наружной обработки торцов труб диаметром от 160 мм имеется дополнительное универсальное приспособление, для каждой модели фаскоснимателя.



Рисунок 1.13 - Центратор наружный звенный ЦЗН, ЦЗА

Центратор наружный звенный с ручным приводом необходим для центровки стыков труб при сварке в полевых условиях. Звенные центраторы - шарнирный многогранник из звеньев и нажимных роликов.

Центраторы ЦЗН производятся с опорным подшипником, сталь 20, толщина 6мм, резьба М27х3. По желанию центраторы ЦЗН производятся с трапецидальной упорной резьбой 30х6. Усиленный звенный центратор с 530мм до 1720мм производится с двойной штангой (сталь 20, толщина 5мм).

Таблица 1.13 Техническая характеристика

	273	325	377	426	530	630	720	820	1020	1220	1420
Количество звеньев, шт.	6	6	6	8	8	12	12	12	14	16	18
Масса, кг	21,6	25,9	26,4	26,9	28	32,2	37,4	38,3	44,1	49,8	51,5
Марка оборудования	Технические характеристики										
ЦЗН-530	диаметр трубы 530 мм										
ЦЗН-630	диаметр трубы 630 мм										
ЦЗН-720	диаметр трубы 720 мм										
ЦЗН-820	диаметр трубы 820 мм										
ЦЗН-1020	диаметр трубы 1020 мм										
ЦЗН-1067	диаметр трубы 1067 мм										

Газопламенная аппаратура для разделки труб кислородно-пропановая



Рисунок 1.14 - Газопламенная аппаратура

Контроль качества

Входной контроль качества

Согласно ГОСТ 24297 – 87 «Входной контроль продукции. Основные положения». Входному контролю подлежат все сварочные материалы, запрещается использовать сварочные материалы, марки неизвестны.

Пооперационный контроль качества

В ходе процесса изготовления узлов магистрального нефтепровода после каждого технологического перехода проводится пооперационный контроль (контролируется выполнение всех технологических режимов и операций).

Приемный контроль качества

Приемный контроль включает в себя внешний осмотр готового изделия и измерение его размеров. Внешний осмотр необходимо проводить как после выполнения прихваток, так и после выполнения сварки швов.

После проведения внешнего осмотра выполняется радиографический контроль сварных соединений.

Объем контроля сварных соединений:

1. Внешний (визуальный) осмотр - 100%
2. Радиография – 20% в т.ч. 100% в местах перекреста швов.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

Внешний осмотр

Визуальному контролю подлежат все сварные соединения узлов нефтепровода с целью выявления в нем таких дефектов:

- свищей и пористости внешней поверхности шва;
- подрезов;
- наплывов, прожогов, наличия кратеров;
- трещин всех видов и направлений;
- несоответствие формы и размеров швов требованиям технической документации;
- смещений и общего зазора кромок сварочных элементов выше нормы;

Перед визуальным контролем поверхность сварочного шва и прилегающие участки основного металла шириною не менее 10мм в обе стороны от шва очищаются от шлака и других загрязнений.

Визуальный контроль и измерения сварочных соединений проводятся с внешней и внутренней стороны на всей протяженности швов.

Контроль качества материала

Он начинается еще до того, как сварщик приступит к сварке к сварке. Проверяют качество основного материала, который должен соответствовать требованиям сертификата. При наружном осмотре проверяют отсутствие на металле окалины, ржавчины, трещин, расслоения.

Контроль качества сварочной проволоки

Каждая бухта сварочной проволоки должна иметь бирку, на которой указан товарный знак предприятия – изготовителя.

Электродная проволока при автоматической и полуавтоматической сварке и сварке в среде защитных газов является одним из основных элементов, определяющих качество сварного соединения. Поэтому ее выбирают в соответствии с химическим составом свариваемого материала, флюса или видам защитного газа так, чтобы механические свойства наплавленного металла были не менее ниже-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

го предела механических свойств свариваемого металла и имели наименьшую склонность к горячим трещинам. Ввиду этого сварочная проволока должна содержать минимальное количество серы и углерода, а для обеспечения требуемых механических свойств проволока может иметь дополнительные легирующие элементы. Также следует учитывать марку применяемого флюса.

Контроль сборки

В собранном узле контролируются: зазоры между кромками свариваемых деталей, отсутствие или малая величина которых приводит к непровару корня шва, а большая – к прожогам и увеличению трудоемкости сварки, относительное положение деталей в узле, правильное положение прихваток.

Контроль качества сварки готового изделия

Для этой цели осуществляют [23]:

- Внешним осмотром в соответствии с требованиями ГОСТ 3242 и отраслевой инструкцией по сварке и контролю сварных соединений;
- Ультразвуковой контроль.

Ультразвуковой контроль сварных соединений (УЗК) это неразрушающий контроль качества сварных соединений, проводимый в рамках строительной экспертизы металлоконструкций зданий и сооружений.

Ультразвуковой контроль сварных соединений является эффективным способом выявления дефектов сварных швов и металлических изделий, залегающих на глубинах от 1-2 миллиметров до 6-10 метров.

Ультразвуковой контроль сварных соединений проводится по ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые» и позволяет осуществлять ультразвуковую диагностику качества сварных соединений, выявлять и документировать участки повышенного содержания дефектов, классифицируя их по типам и размерам. Для разных типов сварных соединений применяются соответствующие методики ультразвукового контроля.

При ультразвуковом контроле сварных соединений применяются эхо-импульсный, теневой или эхо-теневой методы УЗК. Ниже на рисунке 1.15 при-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

ведены схемы ультразвукового контроля качества стыковых, тавровых и нахлесточных сварных соединений. При ультразвуковом контроле сварного соединения сканирование выполняют продольным и поперечным перемещением излучателя при постоянном или изменяющемся угле ввода луча. Способ ультразвукового контроля сварного соединения устанавливается в технической документации.

Ультразвуковой контроль сварных соединений сварных швов позволяют провести полную диагностику сварных соединений без использования дорогостоящих методов неразрушающего контроля качества сварных швов, таких как рентгенографический, гаммаграфический, магнитопорошковый или капиллярный.

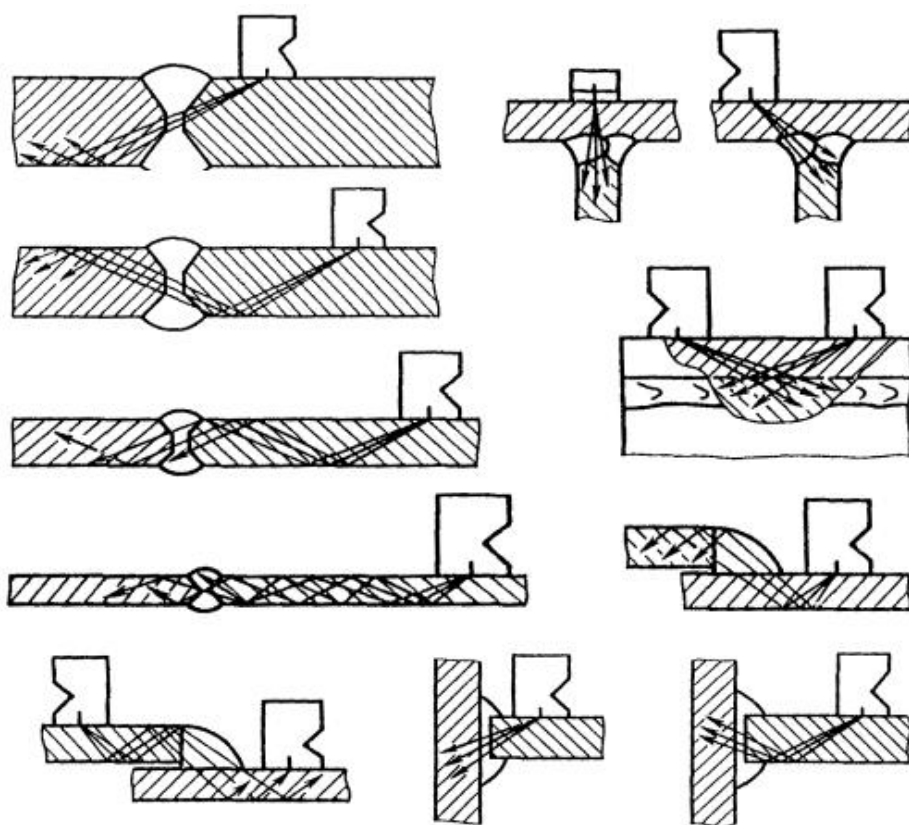


Рисунок 1.15 – Схемы ультразвукового контроля качества стыковых, тавровых и нахлесточных сварных соединений

Универсальный ультразвуковой дефектоскоп A1550 IntroVisor



Рисунок 1.16 – Универсальный ультразвуковой дефектоскоп с цифровой фокусировкой антенной решеткой и томографической обработкой данных для контроля металлов и пластмасс A1550 IntroVisor

Обеспечивает быстрый, комфортный и достоверный поиск дефектов благодаря представлению результатов контроля в виде понятных томографических образов сечения объекта, а также оценку найденных дефектов и выдачу заключений согласно современным нормам и стандартам при работе в режиме классического дефектоскопа. Общий вид показан на рисунке 1.16

A1550 IntroVisor – современный томограф и дефектоскоп

Оперативный и высокопроизводительный поиск дефектов в сварных швах, в изделиях из металлов, полиэтилена, стеклопластиков.

Обеспечение визуализации внутренней структуры объекта контроля в режиме реального времени (25 кадров в секунду).

При контроле сварных швов достаточно продольного сканирования по одной линии вдоль шва. Это значительно сокращает время контроля. Одна решетка, которая показана на рисунке 26, перекрывает весь диапазон углов (от 35° до 85°), используемый в типовых методиках ультразвукового контроля.

A1550 IntroVisor имеет три основных режима работы:

1-й режим «Томограф» для контроля с антенными решетками и формирования томограмм в реальном масштабе времени: на экран выводится томограмма и эхосигнал, соответствующий выбранному лучу, эквивалентный А-скану от клас-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		49

сического наклонного или прямого преобразователя, а также измеренные параметры: глубина залегания дефекта, расстояние от центра решетки до местонахождения дефекта по оси X, амплитуда сигнала.

2-й режим «Дефектоскоп» для работы прибора в качестве классического дефектоскопа с типовыми наклонными и прямыми преобразователями. Прибор обладает всеми основными функциями современного цифрового дефектоскопа: ВРЧ, АРД, помогающими дефектоскописту в определении и оценке найденных дефектов. Используется для реализации типовых и специализированных методик. Цветной экран и удобное меню обеспечивают комфортную работу.

3-й режим «НАСТРОЙКА» для выбора и установки параметров и рабочей конфигурации. Имеется загруженная база материалов и база преобразователей, а также база конфигураций.



Рисунок 1.17 – Антенная решетка поперечных волн - M9065 4.0V60R40X10CS

16-элементная, широкополосная цифрофокусируемая решетка. Сектор сканирования от 35° до 85°, центральная рабочая частота 4 МГц. Применяется для контроля сварных швов (в том числе и аустенитных сталей).

Таблица 1.14 – Техническая характеристика A1550 IntroVisor

Параметры	Значение
Число элементов антенной решётки	16
Используемые типы волн	Продольные, поперечные
Скорость реконструкции, кадров в секунду	25
Размер томограммы в точках	256 × 256
Шаг реконструкции томограммы, мм	от 0,1 до 2

Максимальный размер области реконструкции, мм	256 по горизонтали×256 по глубине
Рабочие частоты, МГц	1,0; 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0
Тип дисплея	TFT SVGA (640x480)
Размер дисплея	5,7"
Диапазон рабочих температур	от -30°С до +45°С
Питание	встроенный аккумулятор /сетевое 110-240В
Память	Встроенная флэш память на 8 Гб
Разъемы для подключения антенных решеток и преобразователей	LEMO
Разъем для связи с персональным компьютером	USB
Время непрерывной автономной работы, ч	не менее 8
Габаритные размеры, мм	258 × 164 × 110
Масса электронного блока, кг	2,7

Не допускаются внутренние дефекты сварных швов газовые и шлаковые включения, трещины, непровары, смещения. Изделия имеющие дефекты передаются на стенд исправления дефектов с последующим повторным контролем.

– Гидравлическими испытаниями;

При этом методе испытания в сосуде после наполнения его водой или другой жидкостью с помощью насоса или гидравлического пресса создают избыточное давление. Давление при испытании обычно в 1,1 ... 1,5 раза больше рабочего. Давление определяют по проверенному и опломбированному манометру. Испытываемый сосуд под давлением выдерживают в течение 5 ... 10 мин. За это время швы осматривают на отсутствие подтекания, капель и отпотеваний.

Испытания наливом воды выполняют для открытых сосудов, резервуаров для хранения нефти, газгольдеров. Время выдержки емкости, заполненной водой, до начала осмотра от 1 ... 2 ч и более. Подтекание воды обнаруживают по струйкам и отпотеванию, а также по снижению уровня воды. Испытание проводят повышением давления до 1,27 МПа, при этом баллон не должен деформироваться.

Объем баллона проверяют наполнением водой до основания при вертикальном положении баллона и определяют объем или массу (с последующим пересчетом в объем) воды. После испытания баллон просушивают. Если при испытании используют воду с температурой не ниже 60°С, процесс сушки не обязателен.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

Допускается определять объём баллона другими способами, обеспечивающими необходимую точность.

В основе радиографического метода выявления дефектов лежат законы ослабления ионизирующего излучения веществом и способы регистрации интенсивности излучения объектом, который просвечивается.

Радиографический контроль проводится с целью выявления в сварных соединениях внутренних дефектов (трещин, непроваров, пор, шлаковых включений и т.п.). Контроль сварных соединений узлов нефтепровода выполняет только специалист, который прошел специальную теоретическую подготовку и практическое обучение, а также – аттестацию в установленном порядке.

Среди всех возможных разновидностей, радиографический контроль сварных соединений является одним из самых точных. Он очень востребован в профессиональной сфере, где производятся качественные изделия, рассчитанные на большую нагрузку. В них, как правило, не допускается наличие каких-либо непроваренных мест, микротрещин, раковин, пор и прочих видов брака. Далеко не все из них можно выявить визуально, поэтому, применяется именно такой способ контроля качества. Он относится к неразрушающему типу, поэтому, изделия после осмотра можно вводить в эксплуатацию.



Рисунок 1.18 - Радиографический контроль сварных соединений

Радиографический контроль сварных соединений основан на принципе прохождения гамма лучей, а также рентгеновского излучения сквозь твердые по-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

верхности. При прохождении лучи сталкиваются с материалом и лишь часть из них проходит. Если в сварном шве есть поры, раковины и прочие дефекты, создающие неоднородность структуры, то в них будет проходить большее количество лучей, чем в остальных участках. Это помогает точно выявить не только наличие брака, но и его размеры, тип и место расположения. Фиксируются результаты на специальной пленке, что является еще одним преимуществом данного метода. Данная процедура проводится по ГОСТ 7512-86.

Преимущества:

Один из самых точных методов неразрушаемого контроля;

Позволяет выявлять скрытые дефекты;

Благодаря ему, можно точно определить размеры и место расположения проблемного участка;

Проводится за относительно короткий промежуток времени, так что не нужно будет долго ждать результатов;

Радиографический метод сварных соединений является самым современным способом проведения контроля, который предназначен для ответственных объектов.



Рисунок 1.19 - РАП 160-5 - переносной рентгеновский аппарат

Основным назначением переносного рентгеновского аппарата РАП-160-5 является неразрушающий контроль изделий, материалов, сварных соединений направленным пучком рентгеновского излучения. Кроме этого, аппарат может быть использован и для других целей, где требуется пучок рентгеновского излучения с максимальной энергией до 160 кВ. Аппарат может использоваться как в стационарных, так и нестационарных условиях (производственные цеха, строительные и монтажные площадки, полевые условия). Аппарат имеет санитарно-эпидемиологическое заключение №77.99.24.427.Д.008991.07.07 от 31.02.2007г.

Проверка квалификации сварщиков

Квалификацию сварщиков проверяют при установлении разряда, при допуске к выполнению ответственных работ. В каждом случае проверяют как теоретические задания, так и практические навыки.

Разряд усиливают согласно требованиям, предусмотренным тарифно-квалификационными справочниками. Испытания сварщиков производят по правилам аттестации специальной комиссии, создаваемой на заводе. Сварщику выдают удостоверение, в котором указывают конструкции, которые может сваривать сварщик.

Контроль технологического процесса сварки

Перед тем, как приступить к сварке, сварщик знакомится с технологическими картами. Несоблюдение порядка наложения швов может вызвать значительную деформацию изделия, трудно устранимую в последствии. Не менее важным является соблюдение режима сварки. После окончания сварки швы зачищают от шлака, наплывов, а поверхность узла – от брызг металла [24].

Каждый производственный процесс предполагает определенные отклонения от требований технических норм. Если такие отклонения выходят за пределы установленных допусков для конкретного изделия — это брак, дефект, который должен быть устранен. Если устранение дефекта невозможно, изделие не может быть принято к эксплуатации. В сварочном производстве изделием является правильно сваренное изделие, узел, конструкция. В изделиях, выполненных

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

сваркой, дефекты различаются по месту их расположения и по причинам возникновения. Рассмотрим их. Причины возникновения дефектов — это те, возникновение которых связано с неправильной подготовкой и сборкой элементов, нарушением режима сварки, неисправностью оборудования, небрежностью и низкой квалификацией сварщика и другими нарушениями технологического процесса. К дефектам этой группы относятся:

Несоответствие швов расчетным размерам;

Непровары;

Подрезы;

Прожоги;

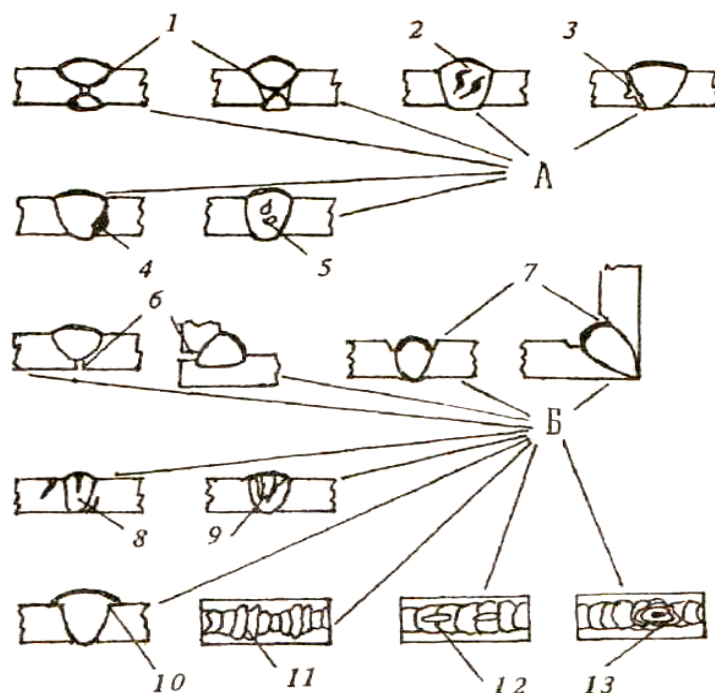
Наплывы;

Не заваренные кратеры.

Дефекты по причинам их возникновения связаны с явлениями, происходящими в процессе кристаллизации и формирования самой сварочной ванны и окончательного формирования шва. Это и трещины в самом шве и в околошовной зоне, шлаковые включения, поры.

Дефекты по месту их расположения — это трещины и поры, выходящие на поверхность металла, непровары, прожоги, подрезы, наплывы — все они относятся к наружным дефектам и могут быть обнаружены внешним осмотром, как показано на рисунке 26. К внутренним дефектам относятся те же трещины, непровары, включения и поры, но находящиеся внутри шва и не выходящие на поверхность. Их обнаруживают только методами неразрушающего контроля.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55



1 – Непровар; 2 – Трещины; 3 – Несплавления; 4 – Шлак; 5 – Поры; 6 – Непровар;
 7 – Подрезы; 8 – Трещины; 9 – Поры; 10 – Наплыв; 11 – Шов неравномерной формы;
 12 – Прожог; 13 – Кратер

Рисунок 1.20 – Внутренние (А) и наружные (Б) дефекты сварных швов

Следующая разновидность дефекта — неравномерность шва. Появляется дефект по причине неустойчивого режима сварки, неточного направления электрода. Если это автоматизированная сварка, то причины в колебании напряжения в сети, проскальзывание проволоки в подающих роликах, протекание жидкого металла в зазоры, неправильный угол наклона электрода

Напльвы образуются в результате натекания жидкого металла на кромки холодного основного металла. Напльвы образуются чаще всего при выполнении горизонтальных швов на вертикальной плоскости. Причиной их может быть

большой сварочный ток, слишком длинная дуга, неправильный наклон электрода, большой угол наклона изделия при сварке на спуск.

Подрезы представляют собой продолговатые углубления-канавки, образовавшиеся в основном металле вдоль края шва. Они возникают в результате большого сварочного тока и длинной дуги, так как при этом возрастает ширина шва и

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

сильнее оплавляются кромки. При выполнении угловых швов нельзя допускать смещения электрода в сторону вертикальной стенки.

Непроваром называется местное не сплавление кромок основного металла. А также несплавление между собой отдельных швов при многослойной сварке. Причинами образования непроваров являются плохая зачистка металла от окалины, ржавчины и грязи, малый зазор при сборке, малый угол скоса кромок, большая скорость сварки. При автоматической сварке под флюсом непровары, как правило, образуются в начале шва, когда основной металл еще недостаточно прогрет. Поэтому сварку надо начинать со специальных выводных планок.

Трещины являются наиболее опасными дефектами швов. Они могут возникать как в самом шве, так и в околошовной зоне. Причинами их образования являются внутренние напряжения, возникающие в процессе сварки. На образование трещин влияет повышенное содержание углерода, способствующего закалке, а также серы и фосфора. Сера увеличивает склонность металла к образованию горячих трещин, а фосфор – холодных.

Шлаковые включения образуются в результате плохой зачистки кромок деталей и поверхности сварочной проволоки от окалины, ржавчины и грязи. Шлаковые включения ослабляют сечение шва и уменьшают его прочность. Газовые поры появляются в швах вследствие того, что газы, растворенные в жидком металле, при быстром охлаждении шва не успевают выйти наружу и остаются в нем в виде пузырьков. Для исключения этого дефекта нельзя допускать использования влажного или отсыревшего флюса, наличия ржавчины, масла и краски на кромках основного металла и сварочной проволоки, большой скорости сварки.

К дефектам микроструктуры относятся: повышенное содержание оксидов и различных неметаллических включений, микропоры, крупнозернистость, перегрев, пережог. Причиной образования пережога является плохая защита сварочной ванны от кислорода воздуха, а также сварка на чрезвычайно большом сварочном токе.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

1.12 Разработка технологии сборки и сварки трубопровода

Трубопроводы собираются из стыкованных между собой труб. К точности изготовления деталей предъявляют достаточно жесткие требования. Относительная овальность в любом поперечном сечении не должна превышать 1 %, угловатость кромок в районе продольных сварных швов не должна превышать 4 мм, но не более 5 мм по отношению к проектному профилю, смещение кромок не должно превышать $b = 1$ мм, но не более 3 мм, для кольцевых стыков – не более 5 мм. Подготовку кромок под сварку выполняют механической обработкой.

Кромки деталей, подлежащие сварке, и прилегающие к ним участки должны быть очищены от окалины, краски, масла и других загрязнений.

На поверхности труб не допускаются риски, забоины, царапины, раковины и другие дефекты, если их глубина превышает минусовые предельные отклонения, предусмотренные соответствующими стандартами и техническими условиями, или если после зачистки их толщина стенки будет менее допускаемой по расчету.

Поверхности деталей должны быть очищены от брызг металла, полученных в результате термической (огневой) резки и сварки.

Заусенцы должны быть удалены и острые кромки деталей и узлов притуплены.

Предельные отклонения размеров, если в чертежах или нормативно-технической документации не указаны более жесткие требования, должны быть:

Для механически обрабатываемых поверхностей: отверстий H14, валов h4, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ по ГОСТ 25347;

Для поверхностей без механической обработки, а также между обработанной и необработанной поверхностями – отверстий H16, валов h6, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ по ГОСТ 25347 и ГОСТ 26179.

Методы сборки элементов под сварку должны обеспечивать правильное взаимное расположение сопрягаемых элементов и свободный доступ к выполне-

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		58

нию сварочных работ в последовательности, предусмотренной технологическим процессом.

Разделка кромок и зазор между кромками деталей, подлежащих сварке, должны соответствовать требованиям чертежей и стандартов на сварные швы.

Сборка и сварка кольцевых стыков между трубами, является трудоемкой операцией. Для ее упрощения используем роликовый центратор для сборки трубопроводов. Продольные швы смежных труб рекомендуется смещать относительно друг друга на величину трехкратной толщины наиболее толстого элемента, но не менее чем на 100 мм между осями швов, оставляя их на виду.

Перед началом сварки должно быть проверено качество сборки соединяемых элементов, а также состояние стыкуемых кромок и прилегающих к ним поверхностей. При сборке не допускается подгонка кромок ударным способом или местным нагревом, проверяются зазоры.

После того как соблюдены все нормы сборки, соединение собирается на прихватки ручной дуговой сваркой. Прихватки зачищаются от шлака.

После этого устанавливаются направляющие рельсы для сварочной головки и производится сварка стыка автоматической сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов.

Сварку проводим с использованием сварочного автомата PRD-100 с источником питания Protig 450. Контроль качества сварных соединений проводим визуально-измерительным методом контроля. Для обнаружения внутренних дефектов используем ультразвуковым и радиографическим методами. Кроме того, проводятся гидравлические испытания трубопровода повышением давления.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

2 Методический раздел

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки трубопровода. В процессе разработки предложена замена полуавтоматическая электродуговая сварка на автоматическую сварку в среде защитных газов. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет автоматизировать процесс сварки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание предложенного оборудования. К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (3-го уровня), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. Профессиональный стандарт является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты применяются:

– работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		60

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

2.1 Сравнительный анализ профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301);

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим и сравним функциональные карты видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (3-го уровня), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов, и по профессии «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением», что имеет место в проектируемой технологии.

В таблице приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (3-го уровня) и «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением».

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

Таблица 2.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки» (3-го уровня) и «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением»

Характеристики	Сварщик В/02.3 уровень 3	Оператор автоматической сварки плавлением А/01.03 уровень 3
1	2	3
Трудовая функция	Ручная дуговая сварка (наплавка, резка) плавящимся покрытым электродом (РД) сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов А/01.03
Трудовые действия	<ul style="list-style-type: none"> - Проверка оснащенности, работоспособности и исправности оборудования поста РД; - Проверка наличия заземления сварочного поста РД; - Подготовка и проверка сварочных материалов для РД; - Настройка оборудования РД для выполнения сварки; - Выполнение предварительного, сопутствующего (межслойного) подогрева металла; - Выполнение РД простых деталей ответственных конструкций; - Выполнение дуговой резки простых деталей; - Контроль с применением измерительного инструмента сваренных РД деталей на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке; - Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для РД, настройка сварочного оборудования для РД с учетом особенностей его специализированных функций (возможностей) - Выполнение РД сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования - Выполнение дуговой резки; - Контроль с применением измерительного инструмента сваренных РД сложных и от- 	<ul style="list-style-type: none"> -Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации -Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты -Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке -Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования -Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки - Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации -Выполнение полностью механизированной или автоматической сварки плавлением -Извлечение сварной конструкции из сборочных

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

62

	<p>ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке</p> <ul style="list-style-type: none"> - Исправление дефектов РД сваркой. 	<p>приспособлений и технологической оснастки</p> <ul style="list-style-type: none"> - Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации - Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля - Контроль исправления дефектов сварных соединений
Необходимые умения:	<ul style="list-style-type: none"> - Проверять работоспособность и исправность оборудования для газовой сварки (наплавки) и настраивать его. - Выбирать пространственное положение сварного шва для газовой сварки (наплавки) 	<ul style="list-style-type: none"> - Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением, и обозначение их на чертежах
	<ul style="list-style-type: none"> - Владеть техникой предварительного, сопутствующего (межслойного) подогрева металла - Владеть техникой газовой сварки (наплавки) простых деталей ответственных конструкций в нижнем, вертикальном и горизонтальном пространственном положении сварного шва - Контролировать с применением измерительного инструмента сваренные газовой сваркой (наплавленные) детали - Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией - Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для РД, настраивать сварочное оборудование для РД с учетом его специализированных функций (возможностей) - Владеть техникой РД сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва. - Владеть техникой дуговой резки металла - Контролировать с применением 	<ul style="list-style-type: none"> - Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов - Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением - Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением - Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

63

	<p>измерительного инструмента сваренные РД сложные и ответственные конструкции на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке</p> <p>- Исправлять дефекты РД сваркой.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Требования к сборке конструкции под сварку - Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением - Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля - Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения - Правила технической эксплуатации электроустановок - Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ - Правила эксплуатации газовых баллонов - Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте
Необходимые знания	<ul style="list-style-type: none"> - Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых РД, и обозначение их на чертежах - Основные группы и марки материалов, свариваемых РД 	<ul style="list-style-type: none"> - Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку
	<ul style="list-style-type: none"> - Сварочные (наплавочные) материалы для РД; - Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для РД, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения - Техника и технология РД - Выбор режима подогрева и порядок проведения работ по предварительному, сопутствующему (межслойному) подогреву металла - Причины возникновения дефектов сварных швов, способы их предупреждения и исправления - Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для РД - Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых РД - Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых РД 	<ul style="list-style-type: none"> - Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку - Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов - Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения - Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных кон-

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

64

	<ul style="list-style-type: none"> - Сварочные (наплавочные) материалы для РД сложных и ответственных конструкций - Техника и технология РД сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва - Методы контроля и испытаний сложных и ответственных конструкций - Порядок исправления дефектов сварных швов 	<p>струкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации</p> <p>-Исправлять выявленные дефекты сварных соединений</p>
Другие характеристики:	<ul style="list-style-type: none"> - Область распространения РД в соответствии с данной трудовой функцией: -сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную: сварка дуговая плавящимся электродом; сварка (дуговая) гравитационная покрытым электродом; резка воздушно-дуговая; резка кислородно-дуговая; -сварочный процесс: сварка ручная дуговая ванная покрытым электродом; ручная дуговая резка и строжка металлов 	
Характеристики выполняемых работ:	<ul style="list-style-type: none"> -Прихватка элементов конструкции РД во всех пространственных положениях сварного шва; -РД сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками во всех пространственных положениях сварного шва; -ручная дуговая резка сложных деталей из различных материалов; 	
	<ul style="list-style-type: none"> -наплавка поверхностей баллонов и труб, дефектов деталей машин, механизмов, конструкций и инструментов; -устранение РД трещин и раковин в изделиях с толщиной более 0,2 мм и в изделиях с труднодоступными для сварки местами; исправление дефектов сваркой 	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (3-го уровня) и «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

Необходимые знания:

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

- технологии, техники и оборудования автоматической сварки давлением;

Необходимые умения:

- Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования.
- Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.
- Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.
- Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.
- Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций.
- Исправлять выявленные дефекты сварных соединений.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

2.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в таблице. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 2.2 – Учебный план переподготовки рабочих

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	44
1.1	Экономический курс. Основы рыночной экономики и предпринимательства	4
1.2	Материаловедение	4
1.3	Электротехника	4
1.4.	Специальная технология:	32
2	Производственное обучение на предприятии	104
2.1	Ознакомление с устройством сварочного автомата, газовой аппаратурой, режимами и приемами сварки и наплавки, инструктаж по организации рабочего места и техника безопасности.	8
2.2	Подготовка сварочных автоматов к работе	6
2.3	Упражнения в применении сварочных автоматов без включения сварочного тока и подачи газа. Регулирование подачи сварной проволоки.	8
2.4	Сварка прямолинейных швов, наплавка валиков в нижнем положении с применением сварочных автоматов	6
2.5	Многослойная наплавка	6
2.6	Сварка прямолинейных и кольцевых швов с самостоятельными подборками и установкой режима	6
2.7	Сварка пластин встык в нижнем положении сварного шва	6
2.8	Сварка прямолинейных швов	6
2.10	Комплексные работы	52
	КОНСУЛЬТАЦИИ	4
	КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ЭКЗАМЕНЫ	8
	Итого:	160

2.3 Тематический план предмета «Специальная технология» подготовки рабочих

При повышении квалификации по рабочей профессии предусматривается изучение теоретических вопросов спецтехнологии (спецпредметов), которые непосредственно относятся к теоретическому обучению, и курс практического обучения, позволяющий сформировать умения и навыки, соответствующие определенной рабочей квалификации. Тематический план представлен в таблице.

Таблица 2.3 – Тематический план подготовки рабочих

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Особенности автоматической сварки в среде инертных газов	2
2	Сварочные материалы	4
3	Оборудование для дуговой автоматизированной сварки в среде инертных газов	18
3.1	Устройство и основные узлы автоматов	4
3.2	Электрические схемы полуавтоматов	2
3.3	Типовые конструкции сварочных самоходных автоматов	4
3.4	Типовые конструкции сварочных подвесных автоматов	4
3.5	Техническое обслуживание автоматов	4
4	Технология автоматической сварки в среде инертных газов	6
4.1	Режимы автоматической сварки в среде инертных газов	2
4.2	Особенности сварки углеродистых и низколегированных сталей	4
5	Контроль качества сварных швов	2
	Итого:	32

В содержание предмета «Спецтехнология» входят вопросы, связанные с технологией, техникой и оборудованием автоматической сварки в среде инертных газов.

2.4 Разработка плана урока по теме «Оборудование для орбитальной сварки»

Предмет «Спецтехнология» является значимым в содержании программы повышения квалификации рабочих. Важное значение имеют уроки теоретиче-

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		68

ской подготовки, в процессе которых необходимо использование средств наглядности для более качественного усвоения учебной информации.

Разработаем план урока по разделу «Оборудование для дуговой механизированной (автоматической) сварки в среде инертных газов».

Тема урока «Оборудование для орбитальной сварки»

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний об устройствах для орбитальной сварки труб, их назначении и принципе работы.

Развивающая: развивать техническое и логическое мышление, память, внимание.

Воспитательная: воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета.

Тип урока: урок новых знаний.

Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно-иллюстративные методы.

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакаты: «Автоматическая сварочная головка Polycar-Pipe»;
– учебная и справочная литература: *Степанов, В.В.* Справочник сварщика / В.В. Степанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 559 с.

Гитлевич, А. Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / Л. А. Этингоф, А. Д. М. Гитлевич. – М: Машиностроение, 1979. – 280с.

Рыморов, К.С. Механизация и автоматизация сварочного производства / К.С. Рыморов. – М: Машиностроение, 1990. – 384 с.

Структура урока:

1. Организационный момент;
2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;
3. Сообщение темы и цели занятия;
4. Актуализация опорных знаний.
5. Изучение нового материала:

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		69

6. Подведение итогов занятия, задание на дом.

Выучить материал конспекта, изучить технические характеристики автоматической сварочной головки PRD-100, режим и порядок её работы.

Таблица 2.4 - План-конспект урока

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 3 мин.	Добрый день! Приготовьте тетради и авторучки. Проверим присутствующих.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 2 мин.	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для дуговой механизированной (автоматической) сварки в среде инертных газов» Тема занятия: «Оборудование для орбитальной сварки» Цели нашего занятия: <i>Обучающая:</i> Формирование знаний об устройствах для орбитальной сварки труб, их назначении и принципе работы <i>Развивающая:</i> развитие технического и логического мышления, памяти, внимания. <i>Воспитательная:</i> воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы, мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 10 мин.	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Перечислите особенности автоматической сварки в среде инертных газов. 2. Чем отличается РДС от аппарата для полуавтоматической сварки и от аппарата для автоматической сварки? 3. Назовите источники питания для сварки, которые используются в установках для автоматической сварки.	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих опрашиваю выборочно.

Изложение
нового материала
20 мин.

Приступим к изучению нового материала
Головки закрытого типа

Головки закрытого типа предназначены для сварки труб без присадочной проволоки. Номенклатура головок охватывает диапазон диаметров свариваемых труб от 1,6 мм до 168 мм (1/16" до 6" согласно ANSI). Этими головками наряду с аустенитными коррозионно-стойкими сталями также можно сваривать металлы, подверженные окислению, такие, как цирконий, титан и их сплавы. Чтобы закрепить головку на трубе требуется одна или две пары (в зависимости от применения) зажимных вкладышей.

U-образные головки открытого типа

Открытые головки были созданы для осуществления орбитальной сварки как с присадочной проволокой, так и без. Диаметры свариваемых труб варьируются от 8 мм до 275 мм (от 5/15" до 11" согласно ANSI).

U-образные головки открытого типа оснащены ВИГ-горелкой с газовым диффузором. Газовая защита достигается только в прилегающей к горелке зоне, куда направлен поток защитного газа через газовую линзу. Во время сварки оператор имеет возможность контролировать дугу. Несимметричная конструкция горелки позволяет использовать ее для сварки в ограниченном пространстве (соединений, расположенных близко к стене, калачей и т.д.).

Позиционирование сварочной горелки может быть выполнено вручную или автоматически с помощью суппортов АРНД и поперечных колебаний

Сварочные головки кареточного типа

Открытые орбитальные головки кареточного типа перемещаются вдоль стыка трубы по специальным направляющим, которые изготавливаются для труб диаметром от 114 мм (3 1/2"). Прочная конструкция головки позволяет перемещать по трубе достаточно тяжелое оборудование (двигатель, суппорты АРНД и поперечных колебаний, катушки с проволокой до 5 кг) даже при многопроходной сварке. Дополнительно могут быть установлены видеокамеры, дающие возможность оператору вести мониторинг и запись процесса сварки.

Прошу обучающихся записать.

По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты, на которые я буду обращать внимание.

Рассказываю о U-образных головках открытого типа

Объясняю, как комплектуются головки

Рассказываю, как позиционируются сварочные горелки

Рассказываю о сварочных горелках кареточного типа

Рассказываю, как

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

В зависимости от применения головки данного типа могут оснащаться стандартной ВИГ-горелкой с газовой линзой либо горелкой для сварки в щелевую разделку, которая дает улучшенную газовую защиту, сравнимую с головками закрытого типа. Автоматическая головка с тяговым усилием позволяет тянуть за собой сварочные провода длиной до 8 м. Широкий диапазон и плавное регулирование скорости подачи электродной проволоки и скорости сварки. Общий вид показан на плакате. В 2008 году ЗАО «Уралтермосвар» совместно с «Polysoude S.A.S.» (Франция) и при участии специалистов ООО «ВНИИГАЗ» была проведена большая работа по разработке установки для автоматической сварки неповоротных стыков труб сплошной и порошковой проволокой. Установка состоит из источника питания сварочной дуги ВДУ-500 «Урал-Орбита» производства ЗАО «Уралтермосвар», самоходной сварочной головки Polycar-Pipe фирмы Polysoude (Франция), блока управления головкой с пультом дистанционного управления, и комплекта направляющих поясов для труб различного диаметра.

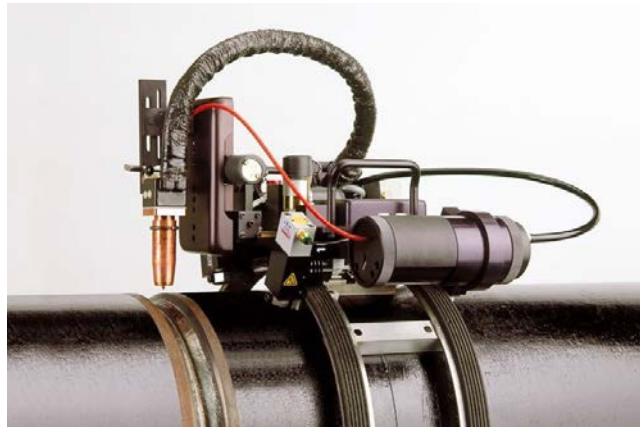


Рисунок – Автоматическая сварочная головка PRD-100

Техническая характеристика

Тип сварочного процесса TIG "холодная проволока" MIG/MAG, плазма.

Диаметр трубы (мин./ макс.) от 140 мм до бесконечности

Сварочная проволока порошковая или сплошная

Положения сварки все положения

оснащаются сварочные горелки открытого типа

Диктую, как регулируется сварочная головка
Слежу, чтобы успели записать под диктовку.

Рассказываю историю производства сварочного автомата для орбитальной сварки

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

72

Оси перемещения направление и положения орбитальной сварки.

(В зависимости от вида используемого присадочного материала)

TIG: 360°

MIG/MAG: 360°, 2 x 180°

Скорость перемещения механизма

Скорость сварки: 30-1000 мм/мин

Скорость перемещения: 30-2000 мм/мин

Вертикальное перемещение горелки (ход; макс. скорость)

TIG AVC: 69 мм; 2500 мм/мин

MIG/MAG: 50 мм или 69 мм; 2500 мм/мин

Угол установки горелки

Моторизованное изм. угла (ход; скорость) ± 35° 100°/мин (MIG/MAG)

Ручное корректирование установки по продольной оси 0; -20° (TIG и MIG/MAG)

Ручное корректирование установки по продольной оси ± 35°

Колебание горелки (ход; макс. скорость)

(Суппорт с тормозом та конечным выключателем) 69 мм ; 2500 мм/мин

Присадочная проволока

Максимальная скорость подачи

TIG: 2,8 м/мин

TIG FC: 7,9 м/мин

MIG/MAG: 7,9 м/мин

Диаметр проволоки

TIG: 0,8 ; 0,9 ; 1,0 ; 1,2мм

MIG/MAG: 0,8 ; 1,0 ; 1,2; 1,4 ; 1,6мм

Тип катушки корзиночная d=200 мм; 5 кг

Дополнительные характеристики

Вес установки в исполнении MIG/MAG

(без катушки) 16 кг

Длина пакета рукавов 10 м

Макс. ток сварки:

TIG - горелка с водяным охлаждением 400 А

MIG/MAG - горелка с водяным охлаждением 465 А

Габаритные размеры 550x450x270 мм

Разбираем устройство, показываю плакат «Автоматическая сварочная головка PRD -100».

Прошу в виде блоков зарисовать и записать устройство автоматической сварочной головки.

Переходим к подробному рассмотрению. автоматической сварочной головке В 2008 году ЗАО «Уралтермосвар» совместно с «Polysoude S.A.S.» (Франция) и при участии специалистов ООО «ВНИИ-ГАЗ» была проведена большая работа по разработке установки для автоматической сварки неповоротных стыков труб сплошной и порошковой проволокой. Установка состоит из источника питания сварочной дуги ВДУ-500 «Урал-Орбита» производства ЗАО «Уралтермосвар», самоходной сварочной головки В 2008 году ЗАО «Уралтермосвар» совместно с «Polysoude S.A.S.» (Франция) и при участии специалистов ООО «ВНИИ-ГАЗ» была проведена большая работа

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

73

по разработке установки для автоматической сварки неповоротных стыков труб сплошной и порошковой проволокой. Установка состоит из источника питания сварочной дуги ВДУ-500 «Урал-Орбита» производства ЗАО «Уралтермосвар», самоходной сварочной головки В 2008 году ЗАО «Уралтермосвар» совместно с «Polysoude S.A.S.» (Франция) и при участии специалистов ООО «ВНИИГАЗ» была проведена большая работа по разработке установки для автоматической сварки неповоротных стыков труб сплошной и порошковой проволокой. Установка состоит из источника питания сварочной дуги ВДУ-500 «Урал-Орбита» производства ЗАО «Уралтермосвар», самоходной сварочной головки PRD-100 фирмы Polysoude (Франция), блока управления головкой с пультом дистанционного управления, и комплекта направляющих поясов для труб различного диаметра. фирмы Polysoude (Франция), блока управления голов-

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

74

		<p>кой с пультом дистанционного управления, и комплекта направляющих поясов для труб различного диаметра.</p> <p>фирмы Polysoude (Франция), блока управления головкой с пультом дистанционного управления, и комплекта направляющих поясов для труб различного диаметра.</p> <p>.Обращаю внимание на её конструкцию</p> <p>Рассматриваем технические характеристики сварочной головки для орбитальной сварки</p> <p>Обучаемые записывают в конспект</p>
	<p>Преимущества автоматической сварочной головки PRD-100.</p> <p>Надежность конструкции.</p> <p>Плавная регулировка скорости подачи электродной проволоки и плавная регулировка скорости перемещения тележки с помощью электропривода.</p> <p>Компьютерное автоматическое управление процессом сварки:</p> <p>Скорость передвижения тележки,</p> <p>Скорость подачи сварочной проволоки,</p> <p>Изменение силы сварочного тока,</p> <p>Изменение подачи защитного газа.</p> <p>Сварщик только наблюдает за процессом сварки.</p>	<p>Записываем под диктовку технологические возможности и преимущества автоматической сварочной головки В 2008 году ЗАО «Уралтермосвар» совместно с «Polysoude S.A.S.» (Франция) и при участии специалистов ООО «ВНИИ-ГАЗ» была проведена большая работа по разработке установки для автоматической сварки неповоротных стыков труб сплошной и порошковой прово-</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04. 605 ПЗ

Лист

75

		<p>локой. Установка состоит из источника питания сварочной дуги ВДУ-500 «Урал-Орбита» производства ЗАО «Уралтермосвар», самоходной сварочной головки PRD-100 фирмы Polysoude (Франция), блока управления головкой с пультом дистанционного управления, и комплекта направляющих поясов для труб различного диаметра.</p> <p>.Смотрю, как успевают конспектировать обучаемые.</p> <p>Комментирую преимущества автоматической сварочной головки PRD-100, привожу примеры</p>
<p>Первичное закрепление материала 7 мин.</p>	<p>Теперь я прошу вас ответить на мои вопросы, для того что бы выяснить на сколько вы усвоили новый материал.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. По каким признакам классифицируются сварочные автоматы? 2. Основные устройства автоматической сварочной головки PRD-100 3. Преимущества автоматической сварочной головки PRD-100. 	<p>Провожу фронтальный опрос обучаемых. Активизирую деятельность обучаемых, задавая вопросы по новому материалу. Остальных прошу следить за ответами, дополнять и делать вывод. Выставляю оценки в журнал.</p>
<p>Выдача домашнего задания 3 мин.</p>	<p>Запишите домашнее задание: изучить конспект, повторить устройство сварочного трактора и автоматической сварочной головки PRD-100.</p>	<p>Инструктирую обучаемых по выполнению домашнего задания.</p>

Методическая часть дипломного проекта является самостоятельной творческой деятельностью педагога профессионального образования. Выполнив методическую часть дипломного проекта:

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		76

- изучили и проанализировали Профессиональный стандарт по профессии «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Сварщик - оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		77

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем дипломном проекте разработана технология и сделан подбор оборудования для дуговой сварки в среде защитных газов трубопровода.

В дипломном проекте проведено обоснование выбора орбитальной сварочной установки PRD-100, подобрано оборудование для сборки, прихватки и зачистки сварных швов. Все эти мероприятия приводят к снижению времени на сварку. Таким образом, введение в технологический процесс специального оборудования позволяет использовать более высокопроизводительные режимы сварки.

С внедрением новой технологии монтажа трубопровода, необходимы рабочие. Для этого разработана программа подготовки рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» в условиях предприятия.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: справочник, / Г.А. Николаев. – М.: Машиностроение, 1978.
 - Т.1. Справочник - 504 с.
 - Т.2. Справочник - 462 с.
 - Т.3. Справочник - 567 с.
 - Т.4. Справочник - 512 с.
- 2 Справочник сварщика/ Под ред. В.В. Степанова. - Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975. - 520с.
- 3 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением/ А.И. Акулов, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. - 431 с.
- 4 Катаев, Р.Ф. Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки/ Р.Ф. Катаев. – Екатеринбург: Сфера, 1992. -36 с.
- 5 Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В. Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. – Киев: Вища школа, 1976. – 424 с.
- 6 Бакиев, А. В. Технология аппаратостроения: учебное пособие / А.В. Бакиев. - Уфа: УГНТУ, 1995. - 297 с
- 7 Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / М. Колосков. - М.: Машиностроение, 2003. - 784 с.
- 8 Кнорозов, Б. В Технология металлов / Л.Ф. Усова, А.В Третьяков, Б.В. Кнорозов. - М.: Metallurgy, 1978. - 324 с.
- 9 Макарова. Э.Л. Сварка и свариваемые материалы/ Э. Л. Макарова. - М.: Metallurgy, 1991. - 528 с.
- 10 Куликов, В.П. Технология сварки плавлением / В.П. Куликов. - Минск.: Дизайн ПРО, 2000. - 256 с.
- 11 Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением / СИ. Думов. - М.: Машиностроение, 1987. - 458 с.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

- 12 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский. - М.: Машиностроение, 1974. - 233 с.
- 13 Николаева, Г.А. Сварка в машиностроении: справочник / под ред. Г.А. Николаева. - М.: Машиностроение, 1978.
Т.1 – 385 с.
Т.2 - 391 с.
- 14 Елагин, А.В. Сварка в среде защитных газов / А.В. Елагин. - М: машиностроение 1971 - 263 с.
- 15 Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли» / сост. Л.Т. Плаксина, В.И. Панов, С.А. Задорина. - Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос гос. проф.-пед. ун-т, 2008. - 38 с.
- 16 Промышленное оборудование. Каталог №5 / Совплим // Промышленное оборудование. - М.: Дюкон, 2015. - 98 с.
- 17 Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением /Под ред. акад. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. - 768 с.
- 18 Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова. - М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.
- 19 Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного, производства / Л.А. Этингоф, А.Д. Гитлевич. - М: Машиностроение, 1979. -280с.
- 20 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация при производстве сварных конструкций: атлас / С.А. Куркин. — М.: Машиностроение, 1986. -327с.
- 21 Волченко, В.К Контроль качества сварки / В.Н. Волченко. -М.: Машиностроение, 1975. - 328 с.
- 22 Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.П. Радько, В.Г. Демидко, В.А Троицкий. - Киев: Вища школа, 2003. -1144 с.
- 23 Куркин, С.А., Сварные конструкции / Г.А. Николаев, С.А. Куркин. - М.: Высш. шк. 1991. - 397 с.

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80

24 Карпей, Т.В. Экономика, организация и планирование промышленного производства / Т.Е. Карпей, - Минск.: Дизайн ПРО, 2004. -328 с.

25 Беляева, А. П. Профессионально - педагогическая технология в профессиональных учебных заведениях / А.Л. Беляевой. - СПб.: Высш. шк., 1995.-294 с.

26 Беспалько, В. П. Теоретические основы стандартизации образования: Педагогическое обеспечение Государственного стандарта образования: методическое пособие / В. П. Беспалько. - М.: Высш. шк. 1994. - 240 с.

27 Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие : в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.] ; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.

28 Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информационных технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. - Электрон.дан. – М.: Рос.гос. б-ка, 2007. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус, англ.

29 Каталог государственных стандартов[Электронный ресурс]: база данных содержит классификатор и базу данных нормативных документов. - Электрон.дан. – М.: RusCable.Ru, 1999. – Режим досупа: <http://gost.ruscable.ru/cgi-bin/catalog>. – Загл. с экрана.

30 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		81

Приложение А

					<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82