

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический
университет»

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МОНТАЖА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА**

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение(по отраслям)
Профиль Машиностроение и материалобработка
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном про-
изводстве

Идентификационный код ВКР: 605

Екатеринбург 2019

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 металлургии

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МОНТАЖА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Исполнитель:
студент группы ЗСМ-504 _____ А.Р. Зайдулин

Руководитель:
ст. преподаватель _____ Е.В. Радченко

Нормоконтролер:
к.т.н., доцент _____ Л.Т.Плаксина

Екатеринбург 2019

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 72 страницы машинописного текста, 14 рисунков, 19 таблиц, 1 приложения, 30 использованных источников литературы, графическую часть на 5 листах формата А1.

Ключевые слова: УЧАСТОК МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА, СТАЛЬ 13ХФА, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СМЕСИ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ «CORGON 20», ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ПРОФЕССИИ ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ.

Зайдулин А.Р. Разработка технологического процесса монтажа магистрального трубопровода: выпускная квалификационная работа А.Р.Зайдулин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; ИИПО, каф. ИММ. - Екатеринбург, 2019. – 72 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологии монтажа магистрального трубопровода».

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

3. В дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления сварки трубопровода, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию монтажа трубопровода.

4. Результаты данной работы могут быть использованы при сварке трубы на монтаже.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>ДП 44.03.04. 605 ПЗ</i>			
Разраб.	Руковод.	Реценз.	Н. Контр.	Утверд				
					<i>Разработка технологического процесса монтажа магистрального трубопровода</i>			
						2	88	
						<i>ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, гр. ЗСМ-504</i>		
					<i>Пояснительная записка</i>			

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Технологический раздел.....	7
1.1 Описание конструкции	7
1.2 Применяемые материалы	8
1.3 Оценка свариваемости стали 13ХФА	9
1.4 Оценка технологичности конструкции.....	11
1.5 Выбор способа сварки	13
1.6 Выбор сварочных материалов	14
1.7 Выбор защитного газа.....	15
1.8 Выбор типа сварных соединений и подготовки кромок.....	16
1.9 Расчет параметров режимов сварки	17
1.10 Выбор основного сварочного оборудования.....	30
1.11 Выбор сборочного оборудования.....	36
1.12 Разработка технологии сборки и сварки трубопровода	51
2 Методическая часть	53
2.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	54
2.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».....	58
2.3 Разработка плана занятия по предмету «Специальная технология»	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	68
Приложение А Спецификация.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Большинство нефтедобывающих установок в настоящее время находятся далеко от нефтеперерабатывающих месторождений. Производство нефтепроводов осуществляется с помощью менее производительных и худших по условиям работы сварщиков способов сварки – механизированная сварка. Актуальным становится внедрение и замена этих способов на автоматическую сварку, что повлечет улучшение санитарно-гигиенических условий труда рабочих, снижение трудоемкости процесса изготовления, повышение производительности труда, уменьшение экологической опасности производства.

Объектом разработки является технология монтажа магистального нефтепровода.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки магистрального нефтепровода.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса сборки и сварки магистрального нефтепровода с использованием автоматической сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант монтажа нефтепровода;
- подобрать и обосновать проектируемый способ монтажа нефтепровода;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки монтажа нефтепровода;
- разработать программу подготовки рабочих для выбранного 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 -

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						5
		№ документа	Подпись	ата-		

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.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						6
		№ документа	Подпись	ата-		

1 Технологический раздел

1.1 Описание конструкции

Магистральный нефтепровод предназначен для транспортировки нефтепродуктов из районов их добычи до мест потребления. В данном проекте рассматривается отдельный участок нефтепровода, соединяющий нефтеперекачивающую станцию (НПС 2), который расположен на территории одного из заводов Российской Федерации. Данный участок является частью магистрального нефтепровода, который позволяет подключить к магистрали Восточную Сибирь, Тихий океан и многие другие месторождения. Внешний вид магистрального нефтепровода представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Магистральный нефтепровод

Участок магистрального нефтепровода (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 8 мм, сваренных в непрерывную нитку. Соединительными деталями линейной части трубопровода являются отвод (позиция 6), патрубок (позиция 8), концентрический переход (позиция 5) для соединения труб разного диаметра и фланец (позиция 7,9)

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						7
		№ документа	Подпись	ата-		

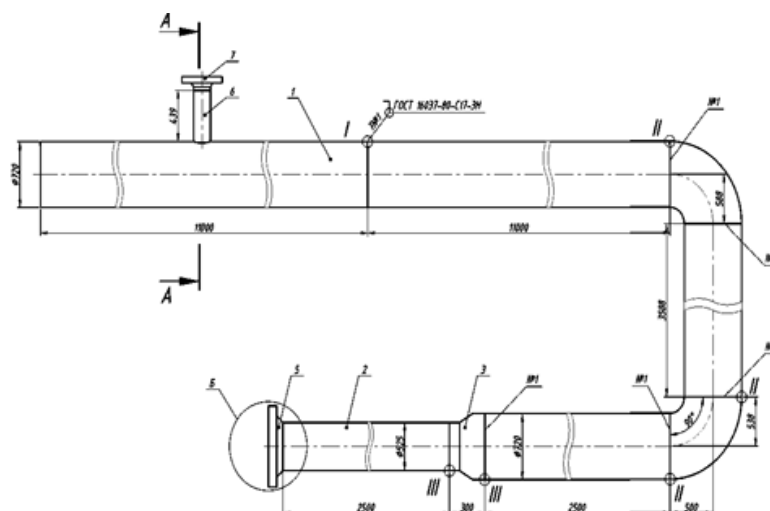


Рисунок 2 - Эскиз нефтепровода

Описание изделия

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

Стандартные электросварные прямошовные трубы, диаметром от 10 до 820 мм и толщиной стенки 7-12 мм из углеродистой и низколегированной стали.

1.2 Применяемые материалы

Основным материалов для сооружения линейной части нефтепровода служат электросварные прямошовные трубы с наружным диаметром 530 мм и толщиной стенки 10 мм, а также для изготовления соединительных деталей нефтепровода - является сталь марки 13ХФА высококачественная, конструкционная легирования, теплоустойчивая и коррозионностойкая сталь повышенной прочности (К52) согласноту 1383-010-48124013-03 [1].

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						8
		№ документа	Подпись	ата-		

Таблица 1– Химический состав стали марки 13ХФА

Содержание химических элементов, %									
С	Si	Ni	S	P	Cr	V	N	Al	Cu
0,11 до 0,17	0,17 до 0,37	до 0,25	до 0,015	до 0,015	0,5 до 0,7	0,04 до 0,09	до 0,008	0,02 до 0,05	до 0,25

Таблица 2 - Механические свойства стали марки 13ХФА

Марка стали, класс прочности	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	КСУ, кДж/м ²	
	МПа	МПа	%	%	T= -40°C	T= -60°C
13ХФА (К52)	502 – 686	353 – 519	25		30	35

σ_B – предел кратковременной прочности, [МПа]

σ_T - предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]

δ_5 – относительное удлинение при разрыве, [%]

ψ – относительное сужение, [%]

КСУ – ударная вязкость, [кДж/м²]

1.3 Оценка свариваемости стали 13ХФА

Основной технологической операцией при изготовлении труб и строительстве трубопроводов является сварка, поэтому рационально применение технологичных процессов сборки и сварки, обеспечивающих требуемый уровень прочностных, пластических свойств и сопротивления хрупкому разрушению сварных соединений.

Для стали марки 13ХФА эквивалент углерода $C_{\text{ЭКВ}}$ (%) определяем по формуле:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{14} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (1)$$

где Mn, Si, Ni, Cr, V, Cu, P– процентное содержание химических элементов в свариваемой стали.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,17 + \frac{0,37}{24} + \frac{0,25}{40} + \frac{0,7}{5} + \frac{0,09}{14} + \frac{0,25}{13} + \frac{0,015}{2} = 0,34$$

Сталь марки 13ХФА требует предварительного подогрева, так как $C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,45$.

Температуру предварительного подогрева вычисляем по формуле:

$$T_{\text{под}} = 350 \sqrt{C_{\text{об}} - 0,25} \quad (2)$$

где $C_{\text{об}}$ – общий углеродный эквивалент, %

$$C_{\text{об}} = C_{\text{ЭКВ}} (1 + 0,005 \delta) \quad (3)$$

где δ – толщина свариваемого металла, мм

$$C_{\text{об}} = 0,34 (1 + 0,005 \cdot 8) = 0,35$$

$$T_{\text{под}} = 350 \sqrt{0,35 - 0,25} = 110$$

$$T_{\text{под}} = 110^{\circ} \text{C}$$

Возможность образования горячих трещин для применяемой стали оценивается коэффициентом HCS по формуле:

$$\text{HCS} = \frac{C \cdot (S + P + 0,04 \cdot \text{Si} + 0,01 \cdot \text{Ni}) \cdot 10^3}{3 \cdot \text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}} \quad (4)$$

где C, Mn, Si, Ni, Cr, V, Cu, P - процентное содержание химических элементов в свариваемой стали.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						10
		№ документа	Подпись	ата-		

$$HCS = \frac{0,12 \cdot (0,04 + 0,035 + 0,04 \cdot 0,7 + 0,01 \cdot 0,3) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,6 + 0,3} = 1,6$$

Так как коэффициент HCS стали 13ХФА ≤ 4 , это значит, что сталь не склонна к образованию горячих трещин.

1.4 Оценка технологичности конструкции

При оценке технологичности данной конструкции важным фактором является конфигурация и протяженность сварных швов, который определяет способ сварки и условия изготовления.

Кольцевые швы линейной части, подводящих труб и соединительных деталей магистрального нефтепровода являются прямолинейными, обладают большой протяженностью (более 1 м) и выполняются в монтажных условиях. Сварной стык труб, в виду своих габаритных размеров, является неповоротным, а сварка неповоротных стыков магистральных нефтепроводов является очень ответственной и сложной операцией. Сложность заключается в том, что на каждом стыке имеются все пространственные положения, и она возрастает с уменьшением диаметра труб.

В базовой технологии при строительстве линейной части нефтепровода и соединительных элементов применялась ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Поэтому качество сварных соединений напрямую зависело от квалификации сварщиков, что требовало тщательного подбора кадров. Кроме того, сварке составных частей участка нефтепровода предшествовал целый комплекс мероприятий по подготовке, установке, центровке и стяжке, сопряжению кромок и сборочных баз, подгонке сопрягаемых элементов и деталей, фиксации свариваемых кромок. Все перечисленные мероприятия усложняются при воздействии внешних неблагоприятных факторов в условиях крайнего севера, что в итоге снижает темп строительства работ.

В настоящее время еще недостаточно используется монтаж составных частей магистрального нефтепровода по обвязке насосных перекачивающих

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						11
		№ документа	Подпись	ата-		

станций (НПС), изготовленных в заводских условиях. А наиболее ответственным сложным и длительным в процессе монтажа таких элементов является выполнение разнотолщинных сварных соединений (труба–деталь).

Трудоемкость таких работ можно значительно снизить, если производить их индустриальным методом, то есть значительную часть сварных соединений выполнять в заводских условиях, так называемая модульная сборка и сварка узлов нефтепровода. При монтаже таких элементов с применением трубных узлов на строительной площадке в основном останется выполнение замыкающих кольцевых соединений «труба–труба». При монтаже участка магистрального нефтепровода из узлов, собранных в заводских условиях, сокращаются подгоночные работы на месте монтажа, весьма существенно улучшается качество работы, повышается производительность труда и сокращаются сроки строительства.

Современная динамика развития сварки при строительстве трубопроводов характеризуется внедрением новых высокотехнологичных автоматизированных сварочных процессов и оборудования. Основными параметрами такого современного сварочного оборудования, а соответственно и технологии сварки, являются:

- 1) производительность
- 2) получение требуемых механических свойств сварных соединений повышение степени автоматизации (и, как следствие, производительности, снижение влияния человеческого фактора)
- 3) безотказность
- 4) компактность, мобильность

На сегодняшний день наилучшим сочетанием перечисленных показателей для выполнения сварных соединений, в том числе разнотолщинных, является комбинированная технология механизированной сварки в среде углекислого газа с управляемым переносом капель через дуговой промежуток (корневой слой шва) плюс автоматическая сварка проволокой в среде защитных газов (последующие слои), обеспечивающая высокую производительность в сочетании с высокими механическими свойствами.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						12
		№ документа	Подпись	ата-		

1.5 Выбор способа сварки

Основные способы, которые применяются в производстве сварных конструкций это: ручная дуговая сварка (Е), механизированная и автоматизированная в CO_2 (УП) и, плавящимся электродом в инертных газах (ИП), автоматическая под флюсом (Ф), электрошлаковая (Ш) и газовая (Г) сварка.

Для определения способа сварки учтем прежде всего такие факторы, как:

- 1) химический состав материала
- 2) толщина свариваемых деталей
- 3) положение соединений во время сварки
- 4) конфигурацию соединений и длина швов
- 5) программа выпуска изделия, тип производства и т. д

Рассмотрим данные факторы: первый фактор - сварочный материал сталь 13ХФА. Для данного материала из предложенных выше способов подходят все перечисленные. Наибольшее предпочтение отдается таким способам: ручная дуговая сварка (Р), дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом (ЗП), дуговая сварка в защитном газе неплавящимся электродом (ЗН), дуговая сварка под флюсом (Ф), электрошлаковая сварка (Ш). Они и остаются для дальнейшего рассмотрения.

Таблица 3 – Выбор способов сварки

Р	ЗП	ЗН	Ф	Ш	Г
++	++	-	++	++	+

Второй фактор – толщина свариваемых деталей.

Для данной толщины (8 мм) целесообразно использовать механизированную и автоматизированную сварку в защитных газах (ЗП) и сварку под флюсом (Ф). Электрошлаковая сварка (Ш) в данном случае не применяется, поскольку толщина металла меньше минимальной, для которой возможно использование данного способа. Ручная дуговая сварка (Р) и газовая сварка (Г)

для такой толщины использовать тоже нецелесообразно, принимая во внимание низкую энергоемкость этих способов.

Таблица 4 - Выбор способов сварки

Р	ЗП	ЗН	Ф	Ш
-	++	-	+	-

Третий фактор (группа факторов) – положение сварки, программа выпуска, конфигурация швов.

Конструкция сваривается в заводских условиях, швы кольцевые, доступные, по классификации длин - швы средней длины и длинные.

Из оставшихся способов, выбираем автоматизированную сварку плавящимся электродом в среде защитных газов, поскольку данный способ, более подходящий для сварки кольцевых швов чем сварка под флюсом.

1.6 Выбор сварочных материалов

Выбор сварочной проволоки

Сварочную проволоку для сварки стали 13ХФА выбираем из проволок аналогичной группы сталей. В заводских условиях практически исключается влияние таких факторов, как ветер, который ухудшает защиту, уменьшено влияние атмосферной коррозии по сравнению с работами на открытом воздухе, поэтому можно ограничиться проволокой сплошного сечения, без медного защитного покрытия. По каталогу сварочных материалов выбираем проволоку марки Св-08Г2С (ГОСТ 2246- 70)[2].

Таблица 5 – Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2С

марка проволоки	содержание химических элементов, %						
	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Св-08Г2С	0,05-0,11	1,8-2,1	0,7-	≤0,20	≤0,25	0,025	0,030

Таблица 6 - Механические свойства сварочной проволоки

Марка стали	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	КСУ, кДж/м ²
-------------	------------	------------	------------	--------	-------------------------

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						14
	№ документа	Подпись	ата-			

	МПа	МПа	%	%	T= -40°C
Св-08Г2С	560	430	28		55

Сварочная проволока Св-08Г2С выбрана, потому что предел кратковременной прочности практически равен пределу кратковременной прочности марки стали 13ХФА.

1.7 Выбор защитного газа

Защитная среда

Целесообразнее применить для защиты сварочной ванны смесь аргона с углекислым газом. На производстве часто применяют смеси аргона, содержащие 20-25% CO₂ или 50% CO₂, а также смесь аргона с 20% CO₂ и 5% O₂. При содержании в смеси до 15% CO₂ могут быть получены те же процессы, что и в чистом аргоне. С увеличением содержания углекислого газа повышается напряжение дуги и уменьшается ее длина. При содержании в смеси более 25% CO₂ процессы сварки становятся близкими к процессам сварки в чистом углекислом газе. Однако только при содержании около 50% CO₂ форма провара становится похожей на форму провара в чистом углекислом газе. Сварка в смеси аргона с 20-25% CO₂ или с 20% CO₂ и 5% O₂ обеспечивает лучшее формирование шва и меньшее разбрызгивание, чем сварка в углекислом газе, а по сравнению со сваркой в аргоне получается лучше форма провара и меньшее излучение дуги; кроме того, в широком диапазоне силы тока можно получить процесс с частыми короткими замыканиями [11].

Защитные газовые смеси для сварки плавящимся электродом на основе аргона:

- газовая смесь Corgon 18 (К-18). Это наиболее универсальная из всех смесей для углеродисто-конструкционных сталей. Состоит из 82% аргона и 18% двуокиси углерода. Подходит практически для всех типов материалов;
- газовая смесь К-3.2. Это смесь 86% аргона, 12% двуокиси углерода, 2% кислорода. Дает устойчивую дугу с широкой зоной нагрева и хорошим проваром профиля, подходит для глубокого провара, сварки коротких швов и для ручной, автоматической и сварки применением робота-автомата;

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						15
		№ документа	Подпись	ата-		

- газовая смесь К-3.3. Это смесь 78% аргона, 20% двуокиси углерода, 2% кислорода, специально разработанная для глубокого провара широкого ассортимента профилей. Смесь хорошо подходит для наплавки и сварки толстых прокатных (сортовых) сталей.

После изучения характеристик газовых защит выбираем для механизированной сварки газовую смесь Corgon 18 (К-18).

1.8 Выбор типа сварных соединений и подготовки кромок

В данном изделии имеются два основных типа сварных швов:

Тип 1 (рисунок 3) – соединения I, II и III, это стыковые швы, толщина свариваемого металла 8 мм – для соединения I. Для соединения II (неравнополючного) толщина листов 8 мм и 9 мм, а для соединения III – 8 и 12 мм.

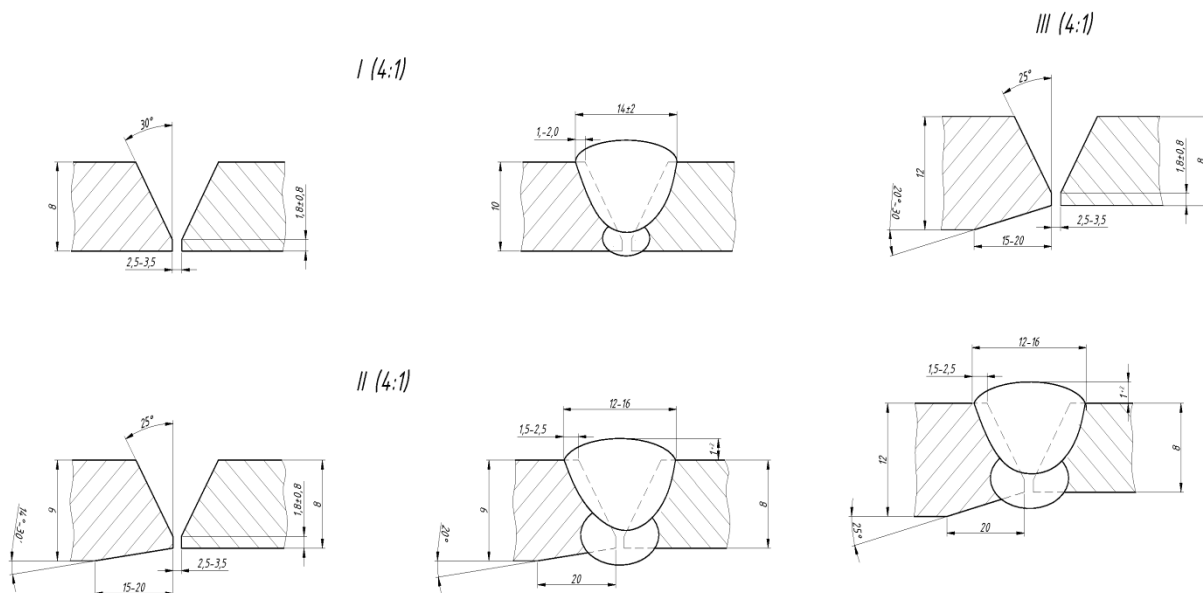
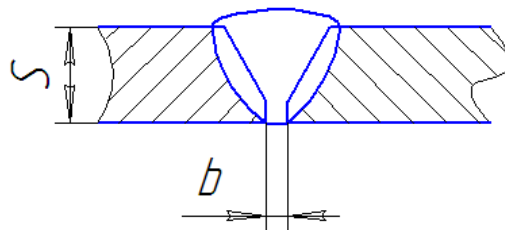


Рисунок 3 – Сварные соединения I, II и III

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.

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 4 - Сварное соединение С17

$$F=44 \text{ мм}^2$$

Глубина проплавления

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

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

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0,625} \quad (4)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5] при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 44^{0,625} = 1,2 \text{ мм}$$

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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						17
		№ документа	Подпись	ата-		

Рассчитаем значение сварочного тока I_{CB} через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

$$I_{CB} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, A \quad (5)$$

$$I_{CB} = \frac{5,1}{2,9} 100 = 175 A$$

Примем $I_{CB} = 175 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{Э}} = 10d_{\text{Э}} \pm 2d_{\text{Э}} \quad (6)$$

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

Рассчитаем плотность тока j :

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{Э}}^2} \quad (7)$$

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

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 %.

$$\alpha_P = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\text{Э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{Э}}^{0,64}} \quad (8)$$

$$\alpha_P = 1,21 \cdot 175^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 6,82 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (9)$$

$$\alpha_H = 6,82 \frac{100 - 3,8}{100} = 6,52 \text{ г} / A \cdot \text{ч}$$

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						18
		№ документа	Подпись	ата-		

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (10)$$

$$V_{CB1} = \frac{6.5 \cdot 175}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.44} = 0.09 \text{ см/с} = 3.2 \text{ м/ч}$$

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

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB}$$

(11)

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

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (12)$$

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

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

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

$$\psi_{ПР} = 0,92 \cdot (19 - 0.01 \cdot 175) \frac{1,2 \cdot 23}{175} = 2,5$$

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						19
		№ документа	Подпись	ата-		

где $\psi_{\text{ПР}}$ – 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 $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (13)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{33542}{2,5}} = 1,5 \text{ см}$$

где h – глубина проплавления, заданная $h = 0,51$ мм, расчетная глубина проплавления $h = 1,5$ мм. Результат расчета неудовлетворительный.

Рассчитанная скорость сварки слишком низкая и сварка с такой скоростью приведет к прожогу. Выполним обратный расчет с целью определения необходимой скорости сварки, обеспечивающей при данных значениях сварочного тока и напряжения глубину проплавления равную 5,1 мм.

$$q_{\text{п}} = (h^2 \cdot \varphi_{\text{ПР}}) / 0,0081^2$$

$$q_{\text{п}} = 0,51^2 \cdot 2,5 / 0,0081^2 = 9910,1 \text{ Дж/см}$$

$$V_{\text{св}} = (I \cdot U \cdot \eta) / q_{\text{п}}$$

$$V_{\text{св}} = 175 \cdot 23 \cdot 0,75 / 9910,8 = 0,3 \text{ см/с}$$

Примем скорость сварки равную 0,3 см/с (10,8 м/ч).

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						20
		№ документа	Подпись	ата-		

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_P)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (14)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 44 \cdot 10.8 \cdot (1 + 0.01 \cdot 2.5)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 430 \text{ м/ч}$$

Таблица 7 - Параметры режима сварки соединения

d _Э , мм	I _{СВ}	l _Э , мм	V _{СВ} , м/ч	U _д , В	V _{ПП} , м/ч	F _{Нл} , мм ²
1,2	175±5	12±2,4	11±1	23	430	44

Расчет параметров режимов сварки нестандартного соединения

В соединении применены угловые швы катетом 8 (в соответствии с таблицей деталей).

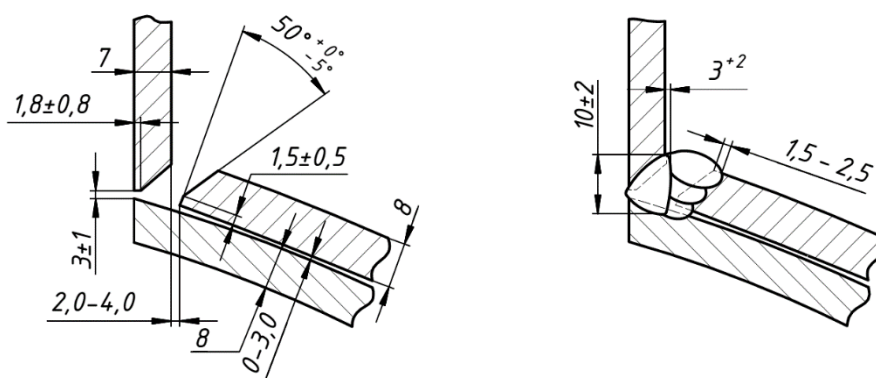


Рисунок 5 – Нестандартный сварной шов

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

$$F_{\text{Н}} = F_1 + F_2 \quad (15)$$

$$F_1 = 0.73qe \quad (16)$$

$$F_2 = \frac{K^2}{2} \quad (17)$$

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]

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1)K \quad (18)$$

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1) \cdot 7.8 = 5.46 \div 8.58 \text{ мм}$$

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

Примем $h_{K1} = 7$ мм.

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

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (19)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0.12$ [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0.12 \cdot 46^{0.625} = 1.26 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1.2$ мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						22
		№ документа	Подпись	ата-		

Рассчитаем значение сварочного тока I_{CB} через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

$$I_{CB} = \frac{h_{KL}}{K_H} 100, A \quad (20)$$

$$I_{CB} = \frac{7}{2.9} 100 = 275 A$$

Примем $I_{CB} = 275 \pm 5 A$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\odot} = 10d_{\odot} \pm 2d_{\odot} \quad (21)$$

$$l_{\odot} = 10 \cdot 1.2 \pm 2 \cdot 1.2 = 12 \pm 2.4 \text{ мм}$$

Рассчитаем плотность тока j :

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\odot}^2} \quad (22)$$

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

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 %.

$$\alpha_p = 1.21 \cdot I_{CB}^{0.32} \cdot l_{\odot}^{0.39} \frac{1}{d_{\odot}^{0.64}} \quad (23)$$

$$\alpha_p = 1.21 \cdot 275^{0.32} \cdot 12^{0.39} \frac{1}{1,2^{0.64}} = 14,92 z / A \cdot ч$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (24)$$

$$\alpha_H = 15,78 \frac{100 - 1,5}{100} = 14,7 z / A \cdot ч$$

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						23
		№ документа	Подпись	ата-		

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (25)$$

$$V_{CB1} = \frac{14.7 \cdot 275}{3600 \cdot 7.8 \cdot 42} = 0.41 \text{ см/с} = 15 \text{ м/ч}$$

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

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (26)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 275 = 27.75 \approx 28 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (27)$$

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

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

Рассчитаем коэффициент провара ψ_{PP} по формуле [5]

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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						24
		№ документа	Подпись	ата-		

где $\psi_{\text{ПР}}$ – 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 $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (28)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{14085}{1,82}} = 0,72 \text{ см}$$

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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						25
		№ документа	Подпись	ата-		

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_P)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (29)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 46 \cdot 15 \cdot (1 + 0.01 \cdot 1,5)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 430 \text{ м/ч}$$

Таблица 8 - Параметры режима сварки соединения

d _Э , мм	I _{СВ}	l _Э , мм	V _{СВ} , м/ч	U _д , В	V _{ПП} , м/ч	F _{Нл} , мм ²
1,2	275±5	12±2,4	15±1	28	430	46

Рассчитаем режимы 2 прохода

2. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №2

$$F_{\text{Н}} = F_1 + F_2 \quad (30)$$

$$F_1 = 0.73qe \quad (31)$$

$$F_2 = \frac{K^2}{2} \quad (32)$$

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

e – ширина сварного шва, e = 5 мм

K – катет шва, K = 8 мм

$$F_1 = 0.73 \cdot 2 \cdot 5 = 7,3 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{8^2}{2} = 32,0 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{Н}} = 32 + 7,3 = 41,2 \approx 42 \text{ мм}^2$$

Сваркой в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 65 мм². Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 1 прохода. Примем площадь наплавленного металла равной F_{Нл} = 42 мм², что предполагает получение сварного шва катетом K=8 мм по формуле [5]

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						26
		№ документа	Подпись	ата-		

$$h_{K1} = (0.7 \div 1.1)K \quad (33)$$

$$h_{K1} = 1,1 \cdot 8 = 8.8 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

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

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (34)$$

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 47 мм^2 сваривается в два прохода по $23\text{-}24 \text{ мм}^2$. Глубина проплавления первого слоя составит 6 мм.

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, \text{ А} \quad (35)$$

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

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

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (36)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1.2 \pm 2 \cdot 1.2 = 12 \pm 2.4 \text{ мм}$$

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						27
		№ документа	Подпись	ата-		

Плотность тока, А/мм²

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (37)$$

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

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

$$\alpha_P = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot I_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (38)$$

$$\alpha_P = 1,21 \cdot 205^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 13,85 \text{ г / А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (39)$$

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

где α_P – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (40)$$

$$V_{CB1} = \frac{13,32 \cdot 205}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,24} = 0,4 \text{ см / с} = 16,56 \approx 17 \text{ м / ч}$$

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

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						28
		№ документа	Подпись	ата-		

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (41)$$

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

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_D \eta}{V_{CB}} \quad (42)$$

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

где q_n – погонная энергия, Дж/см

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

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

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{э} U_D}{I_{CB}} \quad (43)$$

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

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 коэффициентом $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (44)$$

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						29
		№ документа	Подпись	ата-		

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{15375}{2,3}} = 0,65 \text{ см}$$

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

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{э.ли}} = \frac{4 \cdot F_{\text{ли}} \cdot V_{\text{св}} \cdot (1 + 0.01\psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{э.ли}}^2} \quad (45)$$

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

Таблица 9 - Параметры режима сварки первого и второго проходов

$d_{\text{э}}, \text{ мм}$	$I_{\text{СВ}}$	$l_{\text{э}}, \text{ мм}$	$V_{\text{СВ}}, \text{ м/ч}$	$U_{\text{д}}, \text{ В}$	$V_{\text{ПП}}, \text{ м/ч}$	$F_{\text{Н1}}, \text{ мм}^2$
1,2	205±5	12±2,4	17	24	645	42

1.10 Выбор основного сварочного оборудования

Орбитальная система управления FPA 3020

Источник питания для орбитальной сварки со встроенным микропроцессорным управлением



Рисунок 6 - Орбитальная система управления FPA 3020

Стандартное оснащение

Система управления для орбитальной сварки FPA3020

Встроенный однофазный инверторный источник питания на 200 А

Возможна работа при питании от генератора.

Встроенный блок жидкостного охлаждения.

Сетевой кабель со штекером 2,5 м монтируется на тележку.

Встроенные датчики потока газа и охлаждающей жидкости

Простое управление благодаря интуитивному меню

Управление через сенсорный дисплей(цветной) с графическим интерфейсом

Выбор языка рe/Gb/Fr/lt/Es/Pb/Ru/Cz)

Индикация в процессе сварки:

Сварочный ток (А)

Напряжение дуги (В)

Положение горелки (градус)

Способ сварки

Сварка TIG переменным/постоянным током, с или без присадочной проволоки

Принадлежности

Кабель массы, газовый шланг

Тележка с консолью и ящиком для инструмента PickUp

Газовый редуктор

Сварочная головка закрытого и открытого типа с присадочной проволокой или без.

Кабель-адаптер для клавиш управления головок MW

Удлинительный шланг-пакет

Ручная сварочная горелка

Запоминающее устройство USB

Бумага для принтера

- Скорость сварки (см/мин)

- Скорость подачи проволоки (см/мин)

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						31
		№ документа	Подпись	ата-		

Программирование параметров сварки возможность сохранения и загрузки 200 программ в том числе 3 спец. программы прихватывания с количеством точек до 20

10 секторов/ программ с произвольно определяемыми параметрами

Сохранение и загрузка программ на USB- носитель

Создание резервной копии на USB- носителе

Регистрация параметров сварки на USB- носителе

Настройка оси вращения горелки и подачи проволоки

Режим Synergic(материал, наружный диаметр трубы, толщина стенки, газ и т.д.)

Auto-Diagnose-System (отображение кодов

Рекомендуемые области применения

Автоматизированные процессы Fronius- универсальные и функциональные системы контроля FPA применяются с орбитальными сварочными головками для соединения трубы с трубой, трубы с фланцем и трубы с трубной доской в следующих отраслях:

- Микроэлектроника
- Фармацевтика/ биохимия
- Оборудование для пищевой промышленности
- Системы кондиционирования
- Авиационно-космическая промышленность
- Изготовление теплообменников

Управление сварочным процессом при помощи пульта дистанционного управления

Пульт дистанционного управления FPA3020-RC с кабелем 9 м

Функции пульта дистанционного управления:

Выбор программы

Старт/плавная остановка, немедленная остановка сварки

Клавиша аварийного выключения

Позиционирование вручную по осям

Подача и возврат проволоки вручную

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						32
		№ документа	Подпись	ата-		

Изменение параметров в процессе сварки

Кнопка контроля защитного газа и включения/выключения формирующего газа

USB-носитель 8 шт.

Документация сварочных данных

Встроенный принтер

Автоматическая сварка плавящимся электродом в смеси газов с применением сварочного трактора значительно повышает производительность и качество получаемых сварных швов. В данном случае можно использовать уже имеющееся на предприятии оборудование. Необходимо произвести закупку сварочного трактора, сопоставимого по цене с имеющимся сварочным полуавтоматом.

В номенклатуре оборудования марки Fronius имеется сварочный трактор Fronius FLEXTRACK 45.



Рисунок 7 - Сварочный трактор Fronius FLEXTRACK 45

Данный трактор является компактным и легким. Он прост в установке, а также хорошо совместим с имеющимся на предприятии оборудованием.

Технические характеристики трактора указаны в таблице.

Таблица 10- Характеристики Fronius FLEXTRACK 45

ТРАКТОР СВАРОЧНЫЙ	
Положение сварки	PA, PB, PC, PF, PG

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						33
		№ документа	Подпись	ата-		

Горизонтальная скорость перемещения	3-90 м/ч.
Время заварки кратера	0-5 с.
Максимальная грузоподъемность	30 кг.
Вес (без суппорта горелки)	12,5
ШКАФ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ	
Входное напряжение 50 - 60 Гц.	115/230 В
Вес (без кабелей)	5,3 кг.
ПУЛЬТ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ	
Длина кабелей	10 м.
Вес (без кабелей)	1,5 кг.
КОЛЕБАНИЯ	
Скорость колебания	5 – 400 см/мин.
Амплитуда	2 – 30 мм.
Вес колебателя	2 кг.

Исходя из ана-
риантов, выбираем
плавящимся электро-
менением сварочного
FLEXTRACK 45.



лиза представленных ва-
автоматическую сварку
дом в смеси газов с при-
трактора Fronius

Кроме того, можно рассмотреть ва-
риант модернизации сборочно-сварочного приспособления.

Тележка FlexTrack45 ACC-OSC

Сварка соединений труба- труба

Способ сварки

MIG/MAG, СМТ

Многопроходная сварка в комбинации с регулированием длины сварочной
дуги (ACC) и колебанием горелки (OSC)

Рисунок8 - ТележкаFlexTrack 45 ACC-OSC

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						34
		№ документа	Подпись	ата-		

В качестве сварочного аппарата будет использоваться полуавтомат FroniusTransPulsSynergic 4000.

Согласно каталогу продукции, Fronius [5], данный полуавтомат обладает следующими возможностями:

1. Способы сварки: сварка MIG/MAG, импульсная дуговая сварка MIG/MAG, пайка MIG, сварка постоянным током DC WIG/TIG, ручная электродуговая сварка MMA.

2. Рекомендуемые основные материалы: конструкционная сталь, конструкционная сталь с покрытием, ферритная/аустенитная хромоникелевая сталь, дуплексная сталь, сплавы на никелевой основе, алюминиевые сплавы, специальные материалы.

3. Рекомендуемые области применения: автомобильная промышленность и производство комплектующих; автомобили специального назначения/строительные машины; техническое обслуживание и ремонт; изготовление оборудования, резервуаров и стальных конструкций, машиностроение; сооружение промышленных установок и трубопроводов; вагоностроение; судостроение / работы в открытом море.

4. Серийное оснащение: 4-роликовый привод; автоматическое отключение блока охлаждения; заправка сварочной проволоки без подачи газа и при отключенном токе; контроль утечки тока относительно земли; автоматическое оплавление проволоки в конце сварки; функция проверки наличия газа; режим Job Сварка в ручном режиме; режим Synergic; Знаки безопасности S и CE; терморегулируемый вентилятор; регулировка UpDown со сварочной горелки; защита от перегрева; 2- и 4-тактный режим сварки; режим точечной сварки; режим для сварки алюминия; цифровой дисплей; адаптер для металлических каркасов катушек.

5. Комплект поставки: Сварочный источник+кабель «земля» + подающее устройство VR4000R 4R + горелка AW 4000 (3,5м) + охлаждение FK4000 + тележка PickUp + соединительный кабель (1,2м) + паспорт.

В таблице приведены технические характеристики данного полуавтомата.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						35
		№ документа	Подпись	ата-		

Таблица 11- Технические характеристики FroniusTransPulsSynergic 4000

Параметр	Значение
Вес	35,2 кг
Габаритные размеры / высота	475 мм
Габаритные размеры / ширина	290 мм
Габаритные размеры / длина	625 мм
Напряжение холостого хода	70 В
Макс. сварочный ток	400 А
Сварочный ток минимальный	3А
Диапазон рабочего напряжения	14,2-34 В
Класс защиты	IP23
Сетевой предохранитель	35А
Частота сети	50-60 Гц
Сетевое напряжение	3 х 400В
Сварочный ток / продолжительность включения [10мин/40С]	320А / 100%
Сварочный ток / ПВ [10min/40С]	365А / 60%
Сварочный ток / ПВ [10min/40С]	400А / 50%

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;

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						36
		№ документа	Подпись	ата-		

– 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 чугунного и стального литья, очистки металлоконструкций от коррозии и других работ, общий вид представлен на рисунке 9. 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 9 – Прямая электрошлифовальная машина ИЭ-2004А

		№ документа	Подпись	ата-

Таблица 12 - 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

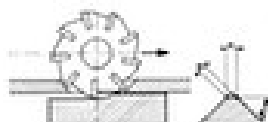


Рисунок 10 - Ручной электрический фаскосниматель (кромкорез) ОМСА МФ-760

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

Фаскосниматель располагается на кромке листа таким образом: горизонтальная направляющая располагается на кромке листа, а вертикальная направляющая — на торце листа. Фаскосниматель перемещается вдоль кром-

ки вручную, 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 13 - 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 х 250 х 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.

Центратор наружный звенный ЦЗН, ЦЗА.



Рисунок 11- 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 14- 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										

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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						40
		№ документа	Подпись	ата-		

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.

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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						41
		№ документа	Подпись	ата-		

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 нижнего 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.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						42
		№ документа	Подпись	ата-		

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 приведены 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.

Универсальный ультразвуковой дефектоскоп A1550 IntroVisor

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						43
		№ документа	Подпись	ата-		



Рисунок 12 – 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.

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 классического 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 13 – 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 15 – 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°C до +45°C
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.

Гидравлические испытания

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°C, процесс сушки не обязателен. Допускается определять объем баллона другими способами, обеспечивающими необходимую точность.

Радиографический контроль

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						46
		№ документа	Подпись	ата-		

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.

Радиографический контроль сварных соединений основан на принципе прохождения гамма лучей, а также рентгеновского излучения сквозь твердые поверхности. 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 неразрушимого контроля;

Позволяет выявлять скрытые дефекты;

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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						47
		№ документа	Подпись	ата-		

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.

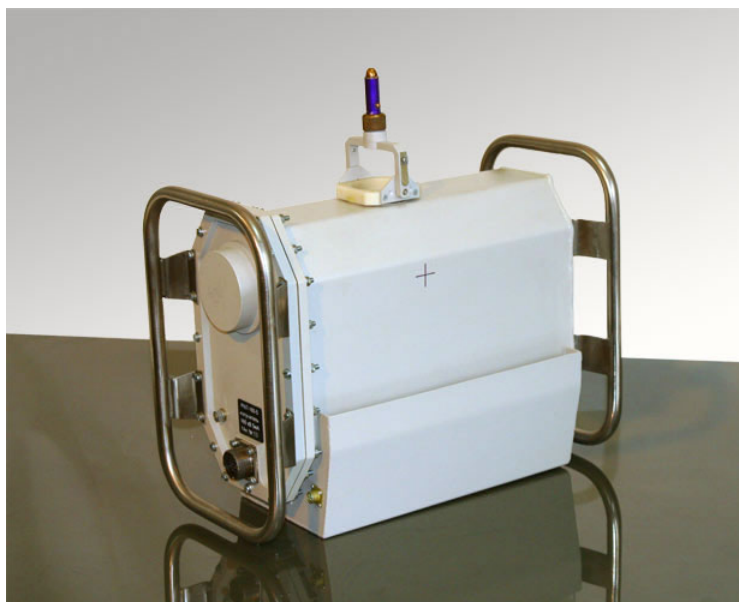


Рисунок14 - РАП 160-5 - Переносной рентгеновский аппарат

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).

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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						48
		№ документа	Подпись	ата-		

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 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

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						49
		№ документа	Подпись	ата-		

выходящие на поверхность. Их обнаруживают только методами неразрушающего контроля.

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

Наплывы образуются в результате натека жидкого металла на кромки холодного основного металла. Наплывы 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 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.

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.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						50
		№ документа	Подпись	ата-		

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.

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 технически-

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						51
		№ документа	Подпись	ата-		

ми 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 приглушены.

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

Для механически обрабатываемых поверхностей: отверстий Н14, валов h4, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ по ГОСТ 25347;

Для поверхностей без механической обработки, а также между обработанной и необработанной поверхностями – отверстий Н16, 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 выполнению 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 поверхностям. При сборке не допускается подгонка кромок ударным способом или местным нагревом, проверяются зазоры.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						52
		№ документа	Подпись	ата-		

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 Fronius FLEXTRACK 45. Контроль качества сварных соединений проводим визуаль-но-измерительным методом контроля. Для обнаружения внутренних дефектов используем ультразвуковым и радиографическим методами. Кроме того, проводятся гидравлические испытания трубопровода повышением давления.

2Методическая часть

В технологической части разработанного дипломного проекта разработа-тана технология сборки и сварки магистрального трубопровода.В процессе разработки предложена замена механизированной сварки трубопровода на ав-томатическую сварку в среде защитных газов. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сбо-рочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет ис-пользование сварочного автомата для производства процесса сварки. Реализа-ция разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые мо-гут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложен-ного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабо-чие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (3-й уровень), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготов-ки рабочих сварочной профессии и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						53
		№ документа	Подпись	ата-		

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;
- 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 функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плав-

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						54
		№ документа	Подпись	ата-		

лением» (3-й уровень), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением механизированной сварки.

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

Таблица 16 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением»и «Оператор автоматической сварки плавлением»

<i>Характеристики</i>	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Трудовая функция</i>	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением 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	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов
<i>Трудовые действия</i>	Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением	Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документацию. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для сварки под слоем флюса, в среде защитных газов.
<i>Необходимые умения:</i>	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления

		собления для сборки и сварки под слоем флюса, в среде защитных газов
Необходимые знания	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.</p> <p>Сварочные автоматы для сварки под флюсом, в среде защитных газов</p>

Окончание таблицы 16

1	2	3
<i>Другие характеристики:</i>	Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: механизированная сварка	Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая под флюсом, в среде защитных газов
<i>Характеристики выполняемых работ:</i>	<p>прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва;</p> <p>частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций типа труба</p>	

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

Необходимые знания:

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.

Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						56
		№ документа	Подпись	ата-		

Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов

Необходимые умения:

- Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой, и обозначение их на чертежах
- Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки, 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 давлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой.
- Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки
- Требования к подготовке конструкции под сварку
- Технология полностью механизированной и автоматической сварки
- 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.
- Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.
- Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						57
		№ документа	Подпись	ата-		

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 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 3 месяц.

Таблица 17 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

Номер раздела	Наименование разделов тем	Кол-во часов
1	2	3
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	60
1.1	Экономический курс. Основы рыночной экономики и предпринимательства	6
1.2	Материаловедение	6

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						58
		№ документа	Подпись	ата-		

1.3	Электротехника с основами промышленной электроники и электрооборудование	4
1.4.	Допуски и технические измерения	4
1.5.	Специальная технология:	40
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ	100
2.1	Ознакомление с устройством автоматов, газовой аппаратурой, режимами и приемами сварки и наплавки, инструктаж по организации рабочего места и техника безопасности.	6
2.2	Подготовка автоматов к работе, присоединение аппаратуры.	6
2.3	Упражнения в применении автоматов без включения сварочного тока и защитного газа. Регулирование подачи сварной проволоки.	6
2.4	Сварка прямолинейных швов автоматами, наплавка валиков в нижнем положении.	6
2.5	Многослойная наплавка	8
2.6	Сварка прямолинейных и кольцевых швов с самостоятельными подборками и установкой режима	12
2.7	Сварка пластин в стык в нижнем и вертикальном положениях сварного шва	8
2.8	Сварка прямолинейных угловых швов	12
2.9	Сварка кольцевых швов с поворотом свариваемых деталей	12
2.10	Комплексные работы	12
	КОНСУЛЬТАЦИИ	4
	КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ЭКЗАМЕНЫ	8
	Итого:	160

Тематический план по предмету «Специальная технология» подготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

Таблица 18 – Тематический план по предмету «Специальная технология»

Номер раздела	Наименование разделов	Кол-во часов
1	Оборудование для автоматической сварки под слоем флюса	8
2	Сварочные материалы	5
3	Сварные конструкции	10
4	Технология автоматической сварки	8
5	Механизация и автоматизация сварочного производства	8
6	Охрана труда	1
	Итого:	40

2.3 Разработка плана занятия по предмету «Специальная технология»

В рамках теоретического обучения по предмету «Спецтехнология» нами разработана методика проведения урока.

Тема урока «Устройства и принцип работы сварочного полуавтоматFroniusTransPulsSynergic 4000 и сварочного трактора Fronius FLEXTRACK 45.

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного полуавтомат FroniusTransPulsSynergic 4000 и сварочного трактора Fronius FLEXTRACK 45, 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 «Конструкция сварочного полуавтоматаFroniusTransPulsSynergic 4000 и сварочного трактора Fronius FLEXTRACK 45»

Структура урока:

1. Организационный момент;
2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;
3. Сообщение темы и цели занятия;
4. Актуализация опорных знаний;
5. Изложение нового материала;
6. Первичное закрепление изученного материала.

План-конспект

Таблица 19 - План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организаци-	Здравствуйте, садитесь, приготовьте тетради и авто-	Приветствую обучаю-

онный момент 5 мин.	ручки.	щихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 мин	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки» Тема занятия: «Устройство и принцип работы сварочного полуавтомат FroniusTransPulsSynergic 4000 и сварочного трактора Fronius FLEXTRACK 45. Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного полуавтомата FroniusTransPulsSynergic 4000 и сварочного трактора Fronius FLEXTRACK 45, их назначении и принципе работы»	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. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для автоматической сварки? 2. Почему применяют сварочные трактора? 3. 3. Расскажите о возможностях сварочного трактора.	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.
Изложение нового материала 35 минут	Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала. Компактный трактор обеспечивает широкие возможности сварки.	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный трактор и его назначение

Продолжение таблицы 19

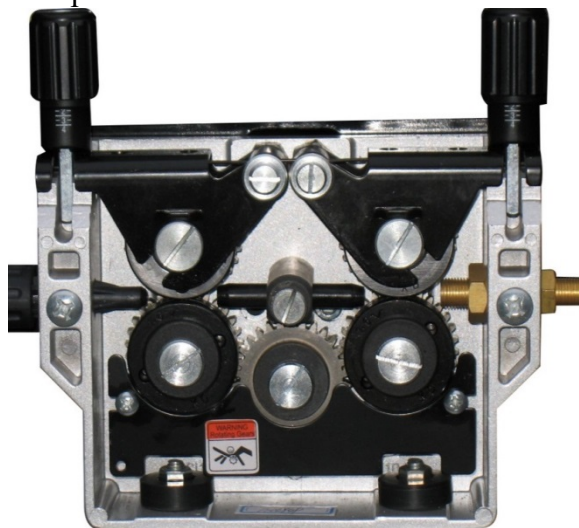
1	2	3
	В зависимости от поставленной задачи, могут использоваться направляющие трех различных типов. В разных областях промышленности, где необходимо варить изделия с изменяемой формой поверхности (например, кораблестроение, производство емкостей), трактор FlexTrack 45 превосходное решение для поставленной задачи.	. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы автомата. Все важные моменты прошу конспектировать по мере изложения материала. Вывешиваю методический плакат с обозначением основных узлов сварочного трактора, прошу учащихся назвать плюсы и минусы подобной сварки.



Объясняю важность правильной настройки прижимного механизма, а также методы контроля и замены движущихся элементов

Быстрая и легкая установка на рельсы

Тип рельсов (возможные варианты): кольцо, гибкие прямые или изогнутые, жесткие прямые направляющие на ножках с отключаемыми магнитными или вакуумными присосками.



Продолжение таблицы 19

1	2	3
	<p>Механизм подачи проволоки VR 4000</p> <p>Обеспечивает надежную и непрерывную подачу проволоки на всем протяжении сварки. Возможность быстрой и легкой замены как сварочной проволоки, так и легкой и удобной замены, и чистки подающих роликов.</p>	



Пульт управления RCU 5000i

Функция орбитальной сварки- встроенный гравитационный датчик обеспечивает автоматическое переключение предварительно настроенных JOB ячеек со сварочными параметрами.



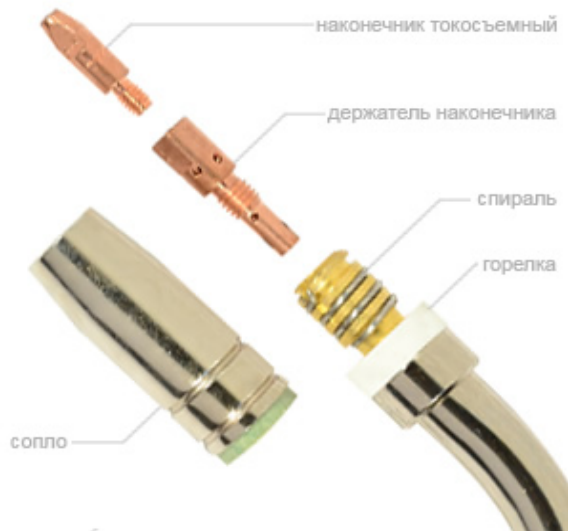
Ручная горелка AW 5000

Рассказываю об удобстве использования пульта во время сварки и о причинах, влияющих на изменения параметров сварки.

Изучаем сварочную горелку, основные элементы, проговариваем, как и чем эффективнее разобрать и прочистить горелку

Продолжение таблицы 19

1	2	3



Легкий эргономичный дизайн и прочный корпус.

Смотрим крепление для сварочной горелки обращаю внимание на настройку углов наклона горелки.



Блок колебаний горелки

Еще раз проговариваю плюсы использования сварочного трактора.

Высочайшая повторяемость процесса сварки и колебаний горелки, автоматический контроль длины дуги по току. Скорость колебания 5 – 400 см/мин
Амплитуда 2 – 30 мм

Преимущества и особенности использования сварочного трактора:

Использование данного приспособления обеспечивает процесс следующими преимуществами:

- Точная поддержка заданных параметров на протяжении всего выполнения процедуры;
- Современные модели имеют цифровую индикацию;

Продолжение таблицы 19

1	2	3
	• Цикл сварочного процесса легко програм-	

	Конструкция сварочной системы Fronius TransPuls тщательно продумана с учетом обеспечения бесперебойной работы. Большие колеса упрощают транспортировку аппарата и легко справляются с незначительными препятствиями, естественно предусмотрены проушины для крана, устройство подачи проволоки серийно комплектуется 4-роликным приводом. Кроме того, имеется центральный разъем для сварочной горелки Fronius ++: отдельный подвод воды, чтобы вода не попала в газовый канал и не вызвала образования пор. Для аппарата в раздельном исполнении был разработан особенно прочный соединительный шланговый пакет с защитным приспособлением.	
Выдача домашнего задания. 5 минут	Теперь запишем домашнее задание: повторить из каких подвижных частей состоит сварочный трактор, какие автоматические настройки а какие ручные?	Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт по профессии «Оператор на автоматических и полуавтоматических машинах»;
- составили учебный план для профессиональной «Оператор автоматической и роботизированной сварки»;
- 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 - плакат.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профес-

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						66
		№ документа	Подпись	ата-		

сионального образования - подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						67
		№ документа	Подпись	ата-		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта был проанализирован базовый вариант изготовления металлургического конвертера, выявлены его минусы. Были рассмотрены другие способы сварки и выбран один, по которому и разрабатывался в дальнейшем дипломный проект. Сделаны расчеты режимов сварки.

Рассчитана экономическая эффективность проектируемого способа, которая доказала, что проектируемый способ является экономически выгодным для производства.

Разработана программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением /

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						68
		№ документа	Подпись	ата-		

- А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П.Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
- 2 Теория сварочных процессов: учебник для вузов / А.В. Коновалов, А. С.Куркин, Э.Л.Макаров [и др.]; под ред. В.М. Неровного. — 2-е изд., испр. идоп. – М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 752 с.
- 3 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.
- 4 Алешин, Н.П. Сварка, наплавка, контроль: в 2-х томах / Т.1 Н.П. Алешин - М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 428 с.
- 5 Милютин, В. С. Источники питания для сварки. / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М.Шанчуров - М.: Айрис - пресс, 2007. - 384 с.
- 6 Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х Т.1 / Редкол. Г.А. Николаев (пред.) и др. Под ред. Н.А. Ольшанского.- М.: Машиностроение, 1978. - 504 с.
- 7 Чернышов, Г.Г. Технология электрической сварки плавлением./ Г.Г. Чернышов, - М.: Издательский центр Академия, 2006. – 448 с.
- 8 Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки. / Походня, И.К., Явдошин И.Р., Пальцевич А.П., Котельчук А.С. Под редакцией Походни И.К. - Киев: Наукова думка 2004. - 442 с.
- 9 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций / С.А. Куркин. - М.: Машиностроение, 1989г. – 256с.
- 10 Батышев, С.Я. Профессиональная педагогика: учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям / С.Я.Батышев [и др.]. – М.: Ассоциация «Профессиональное образование», 1997. – 512 с.
- 11 Беспалько, В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения / В. П. Беспалько. - М.: 1995. – 336 с.

- 12 Бордовская, Н.В. Педагогика: учеб.для вузов. / Н.В. Бордовская, А.А. Реан. – СПб.: Питер, 2003. – 304с.
- 13 Алексеенко, Н.А. Экономика промышленного предприятия: учеб. пособие / Н.А. Алексеенко, И.Н. Гуров. 2-е изд., доп. и перераб. - Минск: Изд-во Гревцова, 2011.- 264 с.
- 14 Волков, О.И. Экономика предприятия: учеб. пособие / О.И. Волков, В.К. Скляренко. 2-е изд. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 264 с.
- 15 Скакун, В. А. Методика производственного обучения: учебное пособие: в 2 ч. / В.А.Скакун. - М.: Профессиональное образование, 1992.
- 16 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.
- 17 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия / переиздание с поправками и изм. 1 от 18.05.2011 - Введ. 1971-01-01. – М. Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971.– 19 с.
- 18 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.
- 19 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
- 20 Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. - Киев.: Высшая школа, 1976. – 424 с.
- 21 Сварка в СССР / под ред. В.А. Винокурова: в 2 т. : - М.: Наука, 1981. - Т.2. – 540 с.
- 22 Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						70
		№ документа	Подпись	ата-		

- 23 Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 24 Верховенко Л.В. Справочник сварщика / Л.В. Верховенко, А.К. Тукин.: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 480 с.
- 25 Чвертко, А.И. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки / А.И.Чвертко, В.Е. Патон, В.А. Тимченко. – М.: Машиностроение, 1981. –264 с.
- 26 Толстов, И.А. Повышение работоспособности инструмента горячего деформирования / И.А. Толстов, А.В. Пряхин, В.А. Николаев.– М. : Металлургия, 1990. – 143 с.
- 27 Крагельский, И.В. Трение и износ в машинах / И.В. Крагельский. – М: Машгиз, 1962. – 382 с.
- 28 Потапов, Н.Н. Основы выбора флюсов при сварке сталей/ Н.Н. Потапов.– М.: Машиностроение, 1979. – 168 с.
- 29 Винокурова, В.А. Справочник сварка в машиностроении: В 4-х т. / под ред. В.А. Винокурова. - М.: Машиностроение, 1979.
- Т.1. – 504с.
- Т.2.- 462с.
- Т.3. – 567с.
- 30 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						71
		№ документа	Подпись	ата-		

Приложение А Спецификация

					ДП 44.03.04. 605 ПЗ	Лист
						72
		№ документа	Подпись	ата-		