

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 с., 11 рис., 32 табл., 36 источников, 12 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: трубопровод, импульсная сварка, пинч - эффект, базовый ток, сварочная проволока, пиковый ток, длительность импульса, управляемый перенос металла.

Объектом исследования является технология сборки и сварки трубопроводов 1220x15 с применением механизированной сварки методом STT и Innershield.

Предметом исследования является форма зауженной разделки и замена проволоки L56 на отечественный аналог Екатерина 70S-6.

Целью данного проекта является разработка формы зауженной разделки, замена старой технологии подготовки кромок перед сваркой и внедрение новой проволоки в процесс сварки.

Полученные результаты и их новизна – установлено, что применение как импортозамещающей проволоки Екатерина и зауженной разделки обеспечивает качественное формирование шва.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Final qualifying work 92 p., 11 fig., 32 tab., 36 sources, 12 sheets demonstration material (slides).

Keywords: pipe, pulse welding, pinch - effect of the base current, welding wire, the peak current, pulse width, controlled metal transfer.

The object of this study is to build technology and welding pipes 1220x15 using mechanized welding STT and Innershield.

The subject of this study is to form a constricted cutting and replacing the wire L56 domestic analogue Catherine 70S-6.

The aim of this project is to develop a constricted shape cutting, replacement of old technology edge preparation before welding and the introduction of a new wire in the welding process.

The results and their novelty - found that the use of import-substituting a wire Catherine and narrower cutting provides high-quality weld formation.

Final qualifying work of the engineer made in Microsoft Word 2016 word processor and a graphics editor "KOMPAS-3D V16" and presented in CD-RW drive (in an envelope on the back cover).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Обозначения и сокращения

$I_{св}$ – сила тока;

U_d – напряжение дуги;

$V_{св}$ – скорость сварки.

КПД – коэффициент полезного действия;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения
- 2 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- 3 СП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
- 4 ГОСТ 8050-64- настоящий стандарт распространяется на газообразную и жидкую двуокись углерода;
- 5 ГОСТ 14771-76- «Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах».
- 6 ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность» гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;
- 7 ГОСТ 12.1.003- 83 нормируемые параметры шума на рабочих местах;
- 8 ГОСТ 12.1.005- нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;
- 9 ГОСТ 12.0.002-74 требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.
- 10ГОСТ 17.2.3.02- 78 требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Коэффициент наплавки (α_n): это коэффициент, выраженный отношением массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, отнесенной к единице сварочного тока.

Сварочная ванна: часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

Принципиальная схема приспособления: чертеж сварного изделия, на котором в виде условных обозначений указаны места, способы фиксирования и закрепления всех деталей.

Размерная цепь: группа связанных между собой размеров, непосредственно участвовавших в решении поставленной задачи (согласование допусков на один или на все размеры) и образующих замкнутый контур.

Базирование: Определение положения изделия относительно приспособления.

Содержание

Реферат	3
Abstract	4
Содержание	7
Введение	10
1 Характеристики сварной конструкции	12
1.1 Описание сварной конструкции	12
1.2 Материал сварной конструкции	17
1.3 Оценка технологической свариваемости материала	19
2 Анализ существующих методов сварки	25
2.1 Сварка в среде защитных газов с применением технологии STT	25
2.2 Сварка самозащитной порошковой проволокой типа Innershield	35
2.3 Выбор сварочных материалов	37
3 Расчёт режимов сварки	40
3.1 Расчёт режимов сварки в углекислом газе	40
3.2 Режимы сварки труб методом STT и Innershield	43
4 Обоснование выбора основного сварочного оборудования	44
4.1 Оборудование для сварки STT	44
4.2 Оборудование для сварки Innershield	46
5 Технология изготовления сварочной конструкции или изделия	48
5.1 Заготовительные операции	48
5.2 Технологический процесс сборки и сварки	51
5.3 Дефекты возникающие при сварке трубопровода	52
6 Технический контроль качества и исправления брака	56
6.1 Визуальный и измерительный контроль	56
6.2 Ультразвуковая и радиографическая дефектоскопия	57
6.3 Исправление дефектов в сварных соединениях	61
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	63
7.1 Нормирование технологического процесса	63

7.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	66
7.3 Экономическая оценка эффективности инвестиций	70
8 Социальная ответственность	75
8.1 Производственная безопасность.....	75
8.1.1 Санитарно – гигиенические характеристики сварочного производства	75
8.1.2 Освещение.....	77
8.1.3 Шумы и вибрации	77
8.1.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция.....	78
8.1.5 Электробезопасность	80
8.1.5.1 Расчет защитного заземления	82
8.1.6 Пожарная безопасность	84
6.2 Экологическая безопасность.....	85
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	88
Заключение	89
Список используемой литературы	90

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА. 200000.023 Презентация.

Файл Презентация Зеркалов.ppt в формате PowerPoint 2016

ФЮРА. 200000.023 Пояснительная записка.

Файл Диплом Зеркалов. docx в формате Word 2016

Графический материал:

Титульный лист	демонстрационный лист
Введение	демонстрационный лист
Общий вид, материал конструкции	демонстрационный лист
Метод сварки STT. Модель переноса металла	демонстрационный

	лист
Сварочные материалы	демонстрационный
	лист
Сварочное оборудование	демонстрационный
	лист
Старая технология подготовки кромок	демонстрационный
	лист
Новая технология подготовки кромок	демонстрационный
	лист
Выбор разделки кромок	демонстрационный
	лист
Схема внутреннего гидравлического центратора	демонстрационный
	лист
Сравнительная оценка способов сварки	демонстрационный
	лист
Выводы	демонстрационный
	лист

Введение

Актуальность

В период, когда экономика страны переживает глубокий кризис, особенно актуальным кажется вопрос рационального использования материалов.

В настоящее время разрабатывается и строится много новых и ремонт старых магистральных и промысловых трубопроводов. При этом используются различные способы сварки такие как ручная электродуговая сварка покрытыми электродами, автоматическая и полуавтоматическая сварка и другие.

Перед всеми этими способами сварки становятся проблемы связанные со сваркой неповоротных стыков труб. Главная проблема сварки неповоротных стыков труб заключается в том что при сварке постоянно изменяется пространственное положение сварочной ванны от нижнего до потолочного положения. На сварочную ванну в каждом пространственном положении действует различный комплекс сил. Это осложняет задачу формирования корневого и последующих слоев шва в связи с возникновением прожогов, наплывов и других дефектов сварного соединения, переноса металла с электрода в сварочную ванну.

В процессе работы было предложено изменить процесс подготовки кромок к сварке и применить заузенную разделку вместо С17. Данные мероприятия позволят значительно снизить себестоимость изготовления стыка, а также уменьшат временные затраты на сварку одного прохода.

Объектом исследования является технология сборки и сварки трубопроводов 1220х15 с применением механизированной сварки методом STT и Innershield.

Предметом исследования является форма заузенной разделки и замена проволоки L56 на отечественный аналог Екатерина 70S-6.

Целью данного проекта является разработка формы зауженной разделки, замена старой технологии подготовки кромок перед сваркой и внедрение новой проволоки в процесс сварки.

Для решения задачи необходимо подобрать проволоку для замены и разработать форму разделки кромок.

Научная новизна

Установлено, что применение как импортозамещающей проволоки Екатерина и зауженной разделки обеспечивает качественное формирование шва.

1 Характеристики сварной конструкции

1.1 Описание сварной конструкции

Нефтепроводом принято называть трубопровод, предназначенный для перекачки нефти и нефтепродуктов. Трубопроводы подразделяются на промысловые и магистральные. По магистральным трубопроводам транспортируются весь добываемый природный газ и почти вся нефть, а также большая часть продуктов нефтепереработки от мест переработки к местам потребления. По промысловым трубопроводам транспортируется продукт от места добычи к месту переработки.

По своему назначению нефтепроводы и нефтепродуктопроводы можно разделить на следующие группы [1]:

- промысловые - соединяющие скважины с различными объектами и установками подготовки нефти на промыслах;
- магистральные - предназначенные для транспортировки товарной нефти и нефтепродуктов (в том числе стабильного конденсата и бензина) из районов их добычи (от промыслов) производства или хранения до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива в цистерны, нефтеналивных терминалов, отдельных промышленных предприятий и НПЗ). Они характеризуются высокой пропускной способностью, диаметром трубопровода от 219 до 1400 мм и избыточным давлением от 1,2 до 10 МПа;
- технологические — предназначенные для транспортировки в пределах промышленного предприятия или группы этих предприятий различных веществ (сырья, полуфабрикатов, реагентов, а также промежуточных или конечных продуктов, полученных или используемых в технологическом процессе и др.), необходимых для ведения технологического процесса или эксплуатации оборудования.

Для технологических трубопроводов нефтеперекачивающих станций важное значение имеет правильный выбор параметров транспортируемого вещества. Рабочее давление принимается равным избыточному максимальному

давлению, развиваемому насосом, компрессором или другим источником давления, или давлению, на которое отрегулированы предохранительные устройства. Рабочую температуру принимают равной максимальной или минимальной температуре транспортируемого вещества, установленной технологическим регламентом или другим нормативным документом (СНиП, РД, СН и т.д.). Сварная конструкция представляет собой две трубы 1 и 2 представленных на рисунке 1.

В состав магистральных нефтепроводов входят: линейные сооружения, головные и промежуточные перекачивающие и наливные насосные станции и резервуарные парки [2]. В свою очередь линейные сооружения согласно СНиП 2.05.06 - 85 включают: трубопровод (от места выхода с промысла подготовленной к дальнейшему транспорту товарной нефти) с ответвлениями и лупингами, запорной арматурой, переходами через естественные и искусственные препятствия, узлами подключения нефтеперекачивающих станций, узлами пуска и приема очистных устройств и разделителей при последовательной перекачке, установки электрохимической защиты трубопроводов от коррозии, линии и сооружения технологической связи, средства телемеханики трубопровода, линии электропередачи, предназначенные для обслуживания трубопроводов, и устройства электроснабжения и дистанционного управления запорной арматурой и установками электрохимической защиты трубопроводов; противопожарные средства, противокоррозионные и защитные сооружения трубопровода; емкости для хранения и разгазирования конденсата, земляные амбары для аварийного выпуска нефти, здания и сооружения линейной службы эксплуатации трубопроводов; постоянные дороги и вертолетные площадки, расположенные вдоль трассы трубопровода, и подъезды к ним, опознавательные и сигнальные знаки местонахождения трубопровода; пункты подогрева нефти указатели и предупредительные знаки.

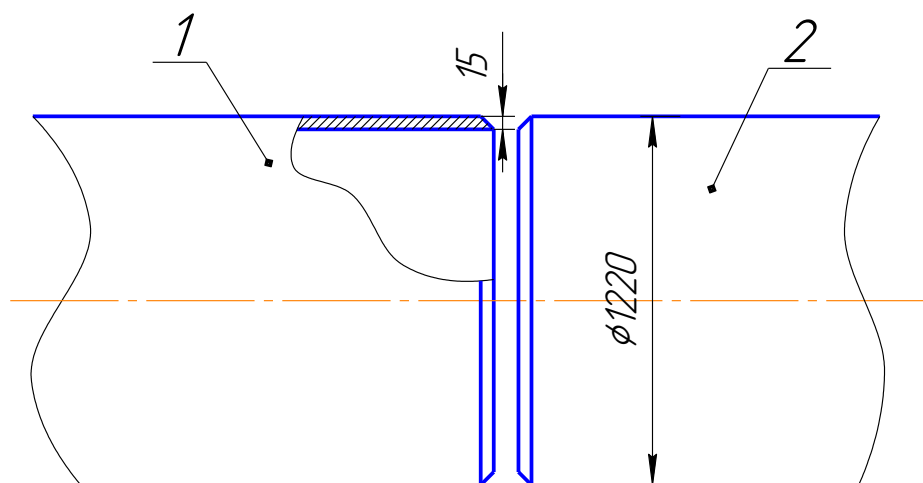


Рисунок 1 – Сварная конструкция

Основные элементы магистрального трубопровода - сваренные в непрерывную нитку трубы, представляющие собой собственно трубопровод. Как правило, магистральные трубопроводы заглубляют в грунт обычно на глубину 0,8 м до верхней образующей трубы, если большая или меньшая глубина заложения не диктуется особыми геологическими условиями или необходимостью поддержания температуры перекачиваемого продукта на определенном уровне (например для исключения возможности замерзания скопившейся воды). Для магистральных трубопроводов применяют цельнотянутые или сварные трубы диаметром 300 - 1420 мм. Толщина стенок труб определяется проектным давлением в трубопроводе, которое может достигать 32 МПа. Трубопровод, прокладываемый по районам с вечномерзлыми грунтами или через болота, можно укладывать на опоры или в искусственные насыпи [1].

На пересечениях крупных рек нефтепроводы иногда утяжеляют закрепленными на трубах грузами или сплошными бетонными покрытиями закрепляют специальными анкерами и заглубляют ниже дна реки. Кроме основной, укладывают резервную нитку перехода того же диаметра. На пересечениях железных и крупных шоссейных дорог трубопровод проходит в патроне из труб, диаметр которых на 100 - 200 мм больше диаметра трубопровода.

С интервалом 10 - 30 км в зависимости от рельефа трассы на трубопроводе устанавливают линейные задвижки для перекрытия участков в случае аварии или ремонта.

Вдоль трассы проходит линия связи (телефонная, радиорелейная), которая в основном имеет диспетчерское назначение. Ее можно использовать для передачи сигналов телеизмерения и телеуправления. Располагаемые вдоль трассы станции катодной и дренажной защиты, а также протекторы защищают трубопровод от наружной коррозии, являясь дополнением к противокоррозионному изоляционному покрытию трубопровода [3].

Нефтеперекачивающие станции (НПС) располагаются на нефтепроводах с интервалом 70 - 150 км. Перекачивающие (насосные) станции нефтепроводов и нефтепродуктопроводов оборудуются, как правило, центробежными насосами с электроприводом. Подача применяемых в настоящее время магистральных насосов достигает 12500 кубометров в час. В начале нефтепровода находится головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС), которая располагается вблизи нефтяного промысла или в конце подводящих трубопроводов, если магистральный нефтепровод обслуживают несколько промыслов или один промысел разбросанный на большой территории, ГНПС отличается от промежуточных наличием резервуарного парка объемом, равным двух-, трехсуточной пропускной способности нефтепровода. Кроме основных объектов, на каждой насосной станции имеется комплекс вспомогательных сооружений: трансформаторная подстанция, снижающая подаваемое по линии электропередач (ЛЭП) напряжения от 110 или 35 до 6 кВ, котельная, а также системы водоснабжения, канализации, охлаждения и т.д. Если длина нефтепровода превышает 800 км, его разбивают на эксплуатационные участки длиной 100 - 300 км, в пределах которых возможна независимая работа насосного оборудования. Промежуточные насосные станции на границах участков должны располагать резервуарным парком объемом, равным 0,3 - 1,5 суточной пропускной способности трубопровода. Как головная, так и

промежуточные насосные станции с резервуарными парками оборудуются подпорными насосами. Аналогично устройство насосных станций магистральных нефтепродуктопроводов.

Тепловые станции устанавливают на трубопроводах, транспортирующих высоко застывающие и высоковязкие нефти и нефтепродукты иногда их совмещают с насосными станциями. Для подогрева перекачиваемого продукта применяют паровые или огневые подогреватели (печи подогрева) для снижения тепловых потерь такие трубопроводы могут быть снабжены теплоизоляционным покрытием [2].

Конечный пункт нефтепровода - либо сырьевой парк нефтеперерабатывающего завода, либо перевалочная нефтебаза, обычно морская, откуда нефть танкерами перевозится к нефтеперерабатывающим заводам или экспортируется за границу.

Для сооружения и капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов могут быть использованы сварные прямошовные и спирально-шовные трубы, изготовленные из низкоуглеродистых или низколегированных сталей.

Трубы поставляются по ГОСТ или по техническим условиям, утвержденным в установленном порядке и представленным в Инструкции по применению стальных труб в газовой и нефтяной промышленности (Р 51-31323949-58-2000). Сортамент современных труб производства Волжского трубного завода и Челябинского трубопрокатного завода, а также труб импортной поставки. Каждая партия труб должна иметь сертификат завода – изготовителя с указанием регламентируемых стандартом или техническими условиями приемо-сдаточных характеристик.

Овальность концов труб (отношение разности между наибольшим и наименьшим диаметром к номинальному диаметру) не должна превышать 1% от номинального диаметра для труб с толщиной стенки менее 20 мм и 0,8% - для труб с толщиной стенки 20 мм и более.

Кривизна труб не должна превышать 1,5 мм на любом ее участке длиной 1 м. Общая кривизна не должна превышать 0,2% длины трубы.

Концы труб должны быть обрезаны под прямым углом. Отклонение от перпендикулярности торцов (косина реза) труб, поставляемых по техническим условиям, не должно превышать 1,6 мм. Аналогичный показатель для труб, поставляемых по ГОСТ 20295, должен составлять не более 1,0 мм при диаметре труб 219-325 мм, не более 1,5 мм – при диаметре 351-426 мм и не более 2,0 мм – при диаметре 530-820 мм.

В металле труб не допускаются трещины, плены, рванины и закаты, а также расслоения, превышающие пределы, которые установлены нормативными документами на их поставку. Не допускается расслоения, выходящие на торцы труб [3].

1.2 Материал сварной конструкции

Для изготовления труб работающих при температурах от минус 50 до плюс 475°C используется низколегированная конструкционная сталь 17Г1С. Сталь 17Г1С обладает гарантированными механическими характеристиками и химическим составом, высокой сопротивляемостью хрупкому разрушению при низких температурах и повышенной коррозионной стойкости.

Легированными называются стали, содержащие специально введенные элементы. Марганец считается легирующим компонентом при содержании его в стали более 0,7% по нижнему пределу, а кремний свыше 0,4%. Поэтому углеродистые стали марок Ст3Гпс, 17Г1С с повышенным содержанием марганца соответствуют низколегированным конструкционным сталям. Легирующие элементы, вводимые в сталь, вступая во взаимодействие с железом и углеродом, изменяют ее свойства. Это повышает механические свойства стали и, в частности, снижает порог хладноломкости. В результате появляется возможность снизить массу конструкций.

Сталь 17Г1С низколегированная конструкционная кремнемарганцового типа. Микроструктура феррито-перлитная [4]. Наличие марганца в стали 17Г1С

повышает ударную вязкость и хладноломкость, способствует уменьшению содержания кислорода в стали, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. Кремний вводится как раскислитель и упрочняющий элемент. По сравнению с другими низколегированными сталями данная сталь позволяет получить сварные соединения с более высокой прочностью при знакопеременных и ударных нагрузках.

При производстве сварных конструкций широко используют низкоуглеродистые низколегированные конструкционные стали. Суммарное содержание легирующих элементов в этих сталях обычно не превышает 4,0%, а углерода 0,25%. Химический состав стали, приведен в таблице 1.

Наличие марганца в сталях повышает ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. По сравнению с другими низколегированными сталями марганцевые позволяют получить сварные соединения более высокой прочности при знакопеременных и ударных нагрузках. Введение в низколегированные стали небольшого количества меди (0,3— 0,4%) повышает стойкость стали против коррозии атмосферной и в морской воде. Для изготовления сварных конструкций низколегированные стали используют в горячекатаном состоянии. Термообработка значительно улучшает механические свойства стали, которые однако зависят от толщины проката. При этом может быть достигнуто значительное снижение порога хладноломкости.

Таблица 1 – Химический состав стали 17Г1С, % по ГОСТ 19281-89

С	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	S	P
0,15-0,2	0,4-0,6	1,15-1,6	до 0,3	до 0,3	до 0,3	до 0,04	до 0,035

Повышение прочности низколегированных сталей достигается легированием их элементами, которые растворяются в феррите и измельчают перлитную составляющую. Наличие этих элементов при охлаждении тормозит процесс распада аустенита и действует равносильно некоторому увеличению скорости охлаждения. Поэтому при сварке в зоне термического влияния при

повышенных скоростях охлаждения могут образовываться закалочные структуры. Металл, нагревавшийся до температур значительно будет иметь более грубозернистую структуру.

Качество и свойства материалов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий и подтверждаться сертификатами поставщиков. При отсутствии или неполноте сертификата или маркировки изготовитель труб должен провести все необходимые испытания с оформлением их результатов протоколом, дополняющим или заменяющим сертификат поставщика материала.

В сертификате должен быть указан режим термообработки полуфабриката на предприятии-изготовителе.

Механические характеристики стали, приведены в таблице 2, где

- σ_T – предел текучести;
- σ_B – временное сопротивление разрыву;
- δ_5 – относительное удлинение.

Таблица 2 – Механические свойства стали 17Г1С при температуре 20С°

σ_B , МПа	σ_T , (МПа) для толщин до 20 мм	δ_5 (%), для толщин до 20 мм
520	360	23

Данная сталь содержит пониженное количество серы и фосфора, применяется для изготовления сварных конструкций в основном в состоянии поставки (горячекатаном) и в меньшем объёме после термической обработки (нормализации). Ведутся работы по термическому упрочнению этих сталей (закалка с отпуском).

1.3 Оценка технологической свариваемости материала

Свариваемость - свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией или эксплуатацией изделия.

Свариваемость металла зависит от его химических и физических свойств, кристаллической решетки, степени легирования, наличия примесей и других факторов, как указано в [5].

Большое влияние на свариваемость металлов и сплавов оказывает их химический состав. Свариваемость углеродистой стали изменяется в зависимости от содержания основных примесей. Углерод является, наиболее важным элементом в составе стали, определяющим почти все основные свойства стали в процессе обработки, в том числе и свариваемость. С увеличением содержания углерода в стали свариваемость ухудшается. В околошовных зонах появляются закалочные структуры и трещины, а шов получается пористым. Поэтому для получения качественного сварного соединения возникает необходимость применять различные технологические приемы [5].

Сварное соединение должно быть стойким против перехода в хрупкое состояния. Технология должна обеспечивать максимальную производительность и экономичность процесса сварки при требуемой надежности конструкции.

В процессе сварки в результате нагрева и охлаждения происходят изменения структуры и свойств в участках основного металла, прилегающих к шву. Вся зона основного металла, в которой в результате нагрева и охлаждения происходит изменение структуры и свойств, называется зоной термического влияния. Ширина ее ограничивается участком с температурой около 100°C. В зависимости от способа сварки она может быть очень малой (до 1мм) или до 40-50мм. Строение зоны термического влияния для конструкционной стали показано на рисунке 2.

Участок полного расплавления металла (металл шва) при остывании имеет крупнозернистую литую структуру, участок неполного расплавления металла является переходным от наплавленного металла к основному и называется зоной сплавления.

Участок перегрева нагревается до 1100 – 1300°C и характеризуется крупным зерном. Зона сплавления и зона крупного зерна называются околошовной зоной. В этой зоне в результате нагрева и охлаждения наиболее резко изменяются структура и свойства основного металла, определяющие свариваемость, снижается пластичность и ударная вязкость.

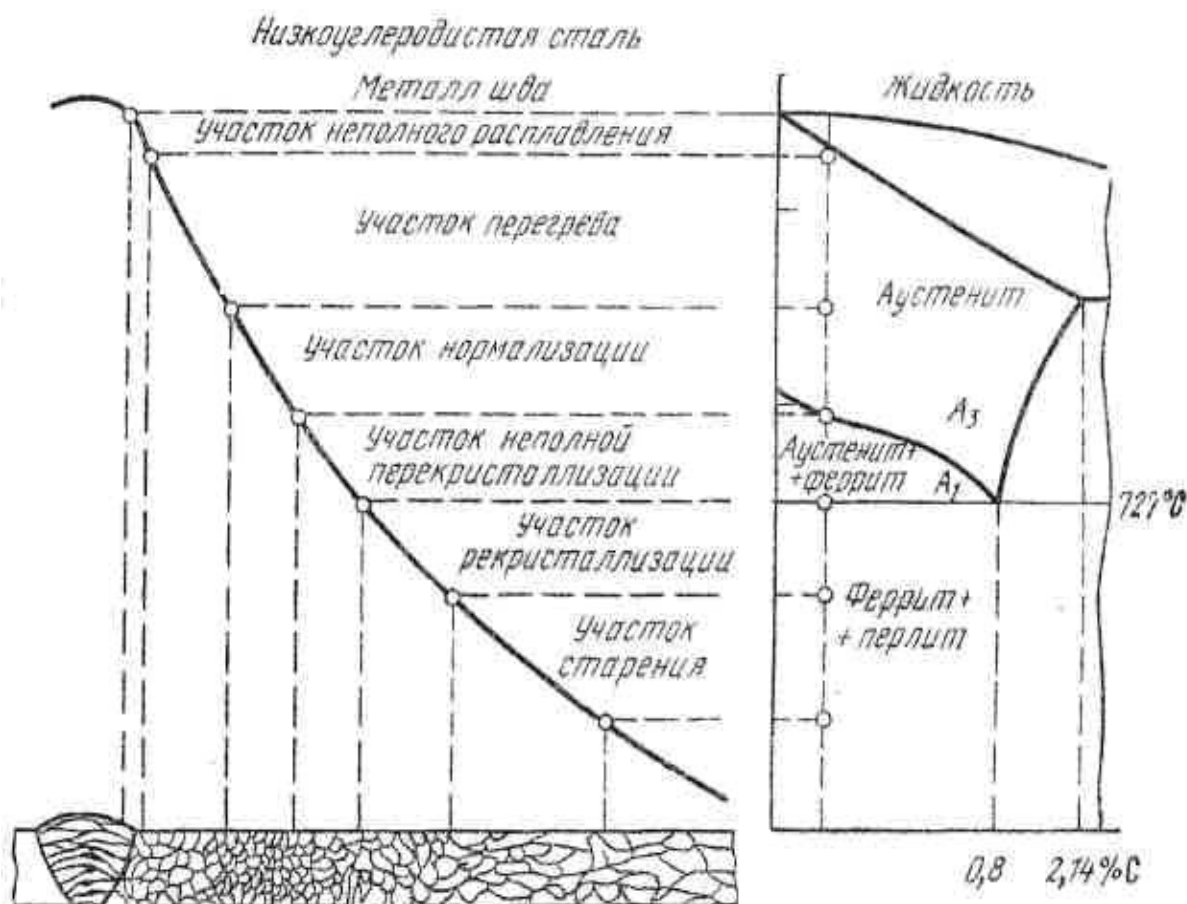


Рисунок 2 – Строение зоны термического влияния сварного шва при дуговой сварке низкоуглеродистой стали

Участок нормализации нагревается выше критической точки A_{c3} и характеризуется измельчением зерна и повышением механических свойств. Участок неполной перекристаллизации характеризуется нагревом от точки A_{c1} до точки A_{c3} . Структурные изменения в этом участке влияют на свойства сварных соединений меньше, чем изменения в околошовной зоне. Если до сварки металл подвергался холодной пластической деформации, то на участках при нагреве выше 500°C может происходить рекристаллизация. При нагреве

ниже 500°C возможно старение стали, что сопровождается резким снижением вязкости.

Вследствие неравномерного нагрева деталей в шве и зоне термического влияния возникают значительные растягивающие напряжения.

При кристаллизации металла шва под влиянием растягивающих напряжений могут образовываться кристаллизационные (горячие) трещины нарушающие сплошность сечения и вызывающие брак конструкции. Определение стойкости металла шва против возникновения кристаллизационных горячих трещин является первым видом испытания свариваемости. В зонах заковки металл имеет пониженную пластичность и могут образовываться околошовные холодные трещины. Испытание металла околошовной зоны, шва и сварного соединения в целом на склонность к образованию холодных трещин является вторым видом испытания свариваемости.

В результате реакций, протекающих в сварочной ванне, и применения дополнительного присадочного металла химический состав металла шва может отличаться от химического состава основного металла. Поэтому в испытания на свариваемость включают испытания механических свойств металла шва и сварного соединения.

Для получения нормальной работоспособности сварных соединений свариваемость необходимо оценивать исходя из следующих положений [3]:

- получение сварного бездефектного соединения, а особенно без холодных и горячих трещин;
- получение микроструктуры, прочности и вязкости сварного соединения, обеспечивающих надежность в эксплуатации в заданных температурных условиях;
- необходимость принятия специальных технологических мер при сварке (подогрев, регулирование погонной энергии и др.);
- необходимость проведения термообработки.

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся стали.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали, известного химического состава является эквивалентное содержание углерода. Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода [3] для нахождения необходимого подогрева:

$$\Sigma C_{\text{э}} = C_{\text{э}} + C_{\text{р}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{э}}$ - химический эквивалент углерода, $C_{\text{р}}$ - размерный эквивалент углерода.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

$$C_{\text{э}} = 0,17 + \frac{1,4}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,52,$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_{\text{р}} = 0,005 \cdot \delta \cdot C_{\text{э}} = 0,005 \cdot 15 \cdot 0,52 = 0,026, \quad (3)$$

где δ – толщина свариваемой стали, мм.

Находим полный эквивалент углерода:

$$\Sigma C_{\text{э}} = C_{\text{э}} + C_{\text{р}} = 0,52 + 0,026 = 0,546.$$

Полный эквивалент углерода $C_{\text{э}} \leq 0,45$, следовательно, требуется подогрев.

Необходимая для подогрева температура определяется следующим образом:

$$T_n = 350 \cdot \sqrt{\Sigma C_s - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,546 - 0,25} = 130 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4)$$

Стали с содержанием до 0,2% С имеют высокую критическую скорость охлаждения при закалке, поэтому после сварки в наплавленном металле и зоне термического влияния не образуются структуры подкалки. Низкоуглеродистые низколегированные стали свариваются практически любыми способами сварки: ручной дуговой сваркой, автоматической дуговой сваркой, сваркой под слоем флюса, электрошлаковой сваркой [3].

2 Анализ существующих методов сварки

2.1 Сварка в среде защитных газов с применением технологии STT

Аббревиатура STT расшифровывается как "Surface Tension Transfer" - это так называемый механизм переноса капли с помощью сил поверхностного натяжения. Он представляет собой один из разновидностей процесса переноса короткими замыканиями, который реализуется при дуговой сварки в среде защитных газов с одним важным отличием - расплавленный металл переносится за счет сил поверхностного натяжения (относительно больших) сварочной ванны, которая втягивает в себя жидкую каплю (относительно низкие силы поверхностного натяжения) на конце проволоки. Электромагнитное сжимающее давление при Пинч-эффекте дополнительно помогает капле отделиться, но не является основным механизмом переноса, как это наблюдается при обычной сварке короткими замыканиями [7]. Этот вид переноса позволяет значительно сократить разбрызгивание и дымообразование в отличие от традиционных методов. Процесс прост в использовании, обеспечивает хороший контроль сварочной ванны и позволяет значительно снизить вероятность образования несплавов. Он не требует от сварщика высокой квалификации для того, чтобы выполнить качественное сварное соединение. Кроме этого, простота процесса STT сокращает время обучения сварщиков [8].

Процесс STT особо рекомендуется для выполнения корневых швов при сварке труб с зазором, а также для сварки тонколистового металла. Он позволяет сваривать все стали, начиная с простой углеродистой стали, кончая сплавами с высоким содержанием никеля.

Метод STT (процесс переноса металла силами поверхностного натяжения) делает менее трудоемкой задачу выполнения корневого шва стыка труб по открытому зазору и обеспечивает лучшее формирование обратного валика и сплавление кромок, а также снижает разбрызгивание и задымление. Данный процесс отличается от традиционной сварки короткой дугой в среде

защитных газов тем, что сварочный ток в этом процессе контролируется независимо от скорости подачи проволоки. Кроме этого, не происходит характерного для традиционных методов сварки выплеска жидкой сварочной ванны при переносе металла. Это уменьшает степень смешивания сварочной ванны с основным металлом, разбрызгивание и задымление. Обеспечивает более точный контроль сварочной ванны и проплавления со стороны сварщика.

Обычный способ сварки короткой дугой рассматривают как процесс с низким тепловложением. Для него характерно вероятное снижение проплавления и непровар кромок. Однако, сварочный ток, величина которого пропорциональна скорости подачи проволоки, может быть увеличен, что повлечет повышение тепловложения и увеличение проплавления. Это позволяет добиться баланса уровня проплавления, однако предполагает значительный уровень квалификации сварщика для достижения такого баланса. Требуется вложить такое количество тепла, которое обеспечит необходимое проплавление стыкуемых кромок, но не допустит прожога. Сварщик должен постоянно вести дугу по переднему краю сварочной ванны, чтобы добиться нормального проплавления и стараться не делать широких колебательных движений. В случае, если дуга смещается к заднему краю ванны проплавление становится недостаточным. Если же дуга располагается слишком близко к передней кромке ванны или выходит за ее пределы, то неизбежен прожег и вылет сварочной проволоки сквозь шов, приводящий к появлению "усиков" на обратной стороне шва, а так же к образованию усадки обратного валика, особенно в нижней части кольцевого шва.

В свое время было установлено, что при использовании импульсной сварки значительно улучшается контроль сварочной ванны. Плавное понижение сварочного тока в конце сварочного цикла приведет к охлаждению ванны. Например, при аргонно-дуговой сварке неплавящимся электродом мгновенное повышение тока до пикового уровня, а затем снижение его до "фоновой" величины позволило бы получить шов с хорошим проваром и

сплавлением кромок, но без прожога основного металла. Этот принцип и применяется в STT- процессе. Максимальный (пиковый) ток действует в течение фиксированного промежутка времени. Это обеспечивает определенную длину дуги и плавление основного металла. Затем ток снижается до низкого (фонового) уровня, на котором контролируется общее тепловложение в сварочную ванну.

Использование процесса STT для сварки корневого шва на спуск менее трудоемко. Это достигается за счет регулирования тепловложения в сварочную ванну независимо от скорости подачи проволоки. Процесс требует изменения техники сварки в процессе работы. В позиции от 12 до 2 часов сварка ведется с углом наклона электрода в направлении сварки и с небольшими поперечными колебаниями. Между 2 и 4 часами угол наклона электрода изменяется до перпендикуляра в направлении сварки. В процессе сварки необходимо следить за правильным формированием сварочной ванны. При этом поперечные колебания электрода обычно не требуются (необходимость колебаний зависит от величины зазора). Между 4 и 6 часами может потребоваться колебание электрода в поперечном направлении. После нескольких практических занятий сварщик средней квалификации способен овладеть процессом. При выполнении корневых швов величина усиления обратного валика будет находиться в пределах 1,5 - 2,0 мм. При выполнении процесса STT желательно использовать малый вылет электрода (6 - 7 мм).

Процесс STT- преемник обычного процесса полуавтоматической сварки в среде защитного газа, реализующего метод переноса короткими замыканиями. Однако STT принципиально отличается от него возможностью прямого управления условиями переноса наплавляемого металла в сварочную ванну. Эта возможность обеспечивается быстродействующей инверторной схемой источника питания, специальным электронным микропроцессорным модулем, принудительно задающим необходимый уровень сварочного тока и контуром обратной связи, динамично отслеживающим изменения напряжения на дуге. В

течение всего цикла переноса капли в сварочную ванну величина сварочного тока жестко зависит от фазы формирования и перехода последней.

Как уже было отмечено, перенос наплавляемого металла происходит сериями коротких замыканий.

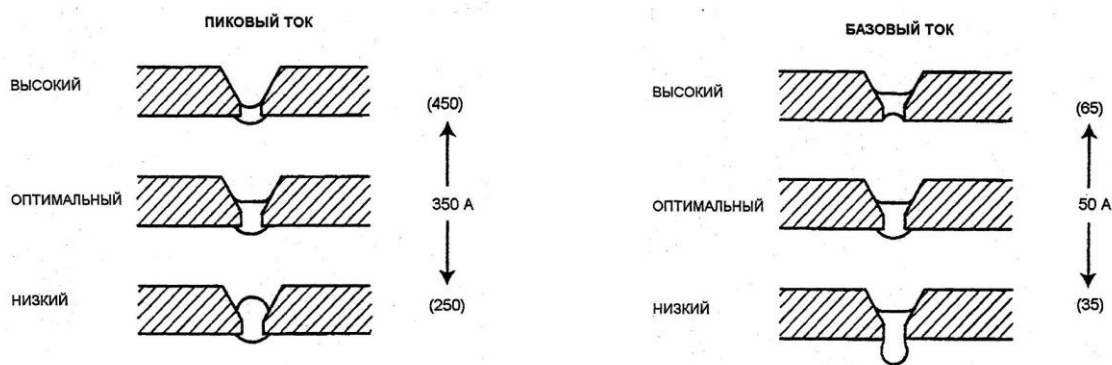
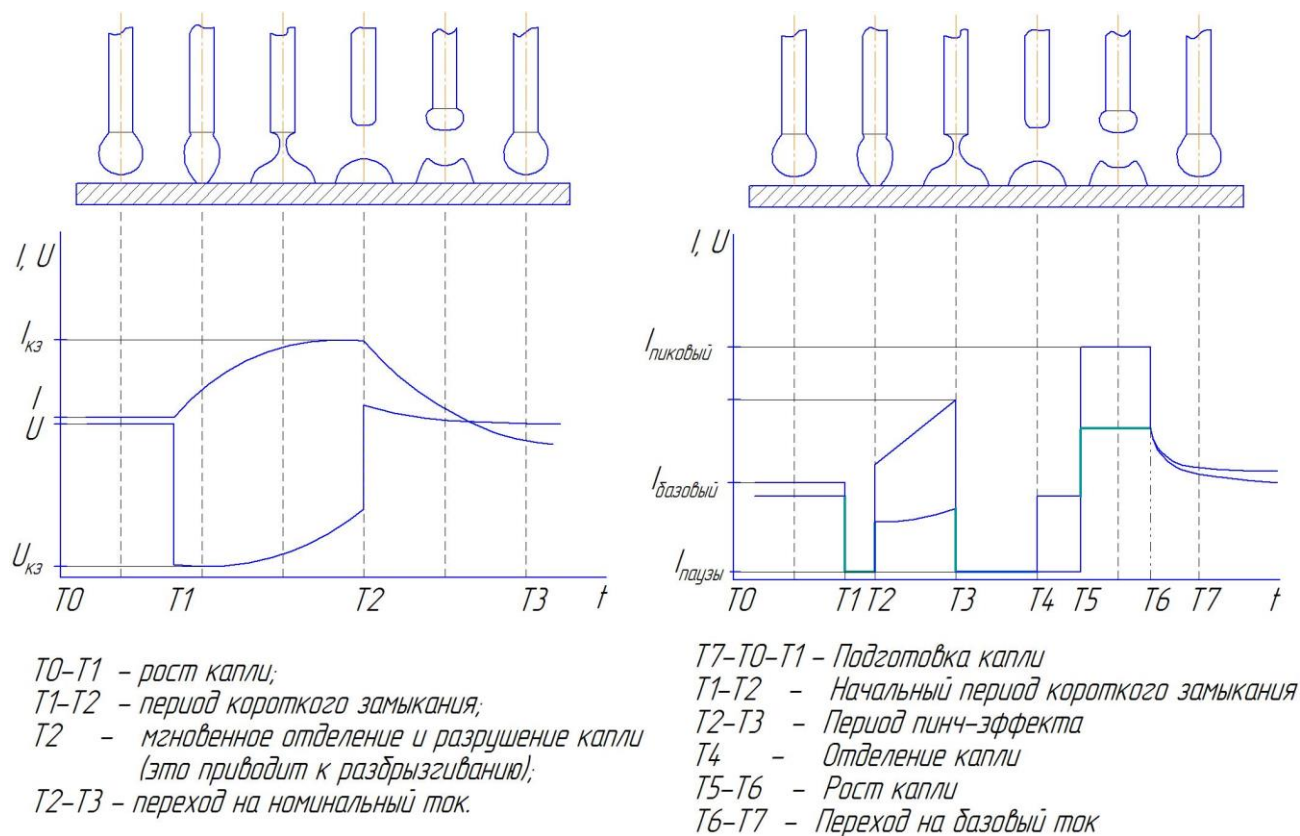


Рисунок 3 - Типичные формы кривых сварочного тока и напряжения при традиционном способе полуавтоматической сварки

На рисунке 3 представлены диаграммы кривых тока и напряжения, характерные для традиционного полуавтомата и источника STT. Каждое замыкание проволоки в сварочную ванну - цикл переноса - удобно разбить на несколько характерных этапов:

Подготовка капли (T7-T0-T1). Продолжительный этап действия базового тока на уровне 50 - 100 А и подготовка капли к моменту короткого замыкания. На этом этапе под действием сил поверхностного натяжения форма капли приближается к правильной сфере, создавая тем самым благоприятные условия для плавного объединения со сварочной ванной. Управление величиной базового тока несет в себе две основные функции. Во-первых, он должен обеспечить дугу количеством энергии, достаточным для преодоления потерь на излучение и поддержание определенного объема расплавленной на конце электрода капли. Если базовый ток слишком низок, это приводит к кристаллизации верхней части капли и уменьшению ее объема. Более того, это может привести даже к полной кристаллизации капли и, как следствие, к нестабильности всего процесса и утыканиям проволоки в дно сварочной ванны. Во-вторых, от уровня базового тока зависит степень общего разогрева свариваемого изделия. Действие базового тока похоже на влияние сварочного напряжения при обычной полуавтоматической сварке. При повышении обоих параметров сварочный шов теряет выпуклость, приобретает более низкую и плавную форму. Это происходит за счет увеличения разогрева зоны дуги и повышения текучести металла. Однако, увеличение базового тока более 120 А приводит к значительному повышению разбрызгивания. Оптимальная величина базового тока зависит от типа защитного газа, материала, диаметра и скорости подачи сварочной проволоки. Установка оптимального для тех или иных условий базового тока в процессе работы, а именно его соответствие заданной скорости подачи проволоки, имеет принципиальное значение для качества всего соединения.

Начальный период короткого замыкания (T1-T2). В момент T1 происходит замыкание капли на сварочную ванну. Если при этом величина сварочного тока составляет 150 - 200 А, как в случае с обычным полуавтоматическим процессом, капля мгновенно отрывается, обычно разрушаясь и разлетаясь в стороны, что приводит к разбрызгиванию. Кроме

того, ток такой величины, пытаюсь пройти через узкую перемычку, образовавшуюся между каплей и ванной, приводит к выплеску металла. При действии источника STT образование контакта происходит при значительно более низком уровне сварочного (базового) тока, что исключает эти негативные явления. Капля спокойно заливается на сварочную ванну, образуя пятно контакта. Датчик контура обратной связи источника питания Invertec STT в момент T1 подает микропроцессору сигнал о возникновении короткого замыкания (напряжение упало до значения, близкого к нулю). источник понижает ток с базового уровня до 10 А на время 0,75 миллисекунд. В течение этого времени происходит развитие пятна контакта, вращение капли в сварочную ванну и образуется надежная перемычка между ванной и электродной проволокой.

Пинч-эффектом называют возникновение вокруг электрического проводника центростремительных сжимающих сил, пропорциональных квадрату протекающего по проводнику тока. Строго говоря, этот эффект присутствует в сварочном контуре всегда когда сварочный ток не равен нулю. Однако только на рассматриваемом этапе влияние пинч-эффекта на перенос наплавляемого металла в сварочную ванну имеет принципиальное значение. По истечении времени действия начального периода короткого замыкания (0,75 мс, момент T2) микропроцессор резко повышает величину сварочного тока. На этой короткой первой стадии происходит стремительный рост электромагнитных сил оссимметричного сжатия жидкой перемычки и образование на ней шейки. Уровень, до которого источник повышает ток на первой стадии, зависит от диаметра применяемой проволоки (повышается с увеличением диаметра) и устанавливается сварщиком с помощью двухпозиционного тумблера на лицевой панели аппарата. На второй стадии пинч-эффекта повышение сварочного тока происходит значительно более плавно. Источник "готовится" к моменту разрушения шейки и отделения капли от электродной проволоки. Необходимо отметить, что во время короткого

замыкания напряжение между электродной проволокой и сварочной ванной не равно нулю, поскольку при температуре плавления (1550°C) металл имеет высокое электрическое сопротивление. Образование шейки связано с уменьшением поперечного сечения перемычки и ростом электрического сопротивления этого участка проводника. На этой стадии снова вступает в действие контур обратной связи, снабжающий микропроцессор информацией о сварочном напряжении. Скорость изменения сопротивления определяется косвенно путем последовательных замеров изменения напряжения в единицу времени. Когда эта скорость достигает определенного значения, источник получает от датчика напряжения дуги сигнал, свидетельствующий о том, что шейка готова к разрушению (момент T3). В этот момент источник прекращает плавное наращивание тока и резко снижает его до уровня порядка пяти ампер. Отделение капли (момент T4) происходит без разбрызгивания, присущего традиционному полуавтомату с жесткой внешней характеристикой. Силы поверхностного натяжения уже слитых воедино капли и ванны "втягивают" каплю вглубь, формируя сварочный шов.

Рост капли (T5-T6). В течение всего этого этапа действует, так называемый, пиковый уровень сварочного тока, устанавливаемый сварщиком на лицевой панели аппарата. После отделения капли от электродной проволоки дуговой промежуток восстанавливается и резко повышается напряжение. Для продолжения процесса необходимо быстро сформировать новую каплю на торце электрода. С этой целью источник питания, получая сигнал о восстановлении дуги, мгновенно повышает ток до пикового уровня и наращивает плазменный столб. Пиковое значение тока определяет скорость нарастания плазмы и увеличения дугового промежутка. На торце электрода формируется расплавленная капля. Одновременно с этим усиливается давление дуги на сварочную ванну, вызывая ее сжатие и еще большее удлинение дуги. Таким образом, пиковый ток непосредственно влияет на длину дуги и обеспечивает необходимое проплавление. Уровень пикового тока довольно

высок - чаще всего порядка 350 - 400 А. На таком токе обычный полуавтомат мог бы вести сварку проволокой диаметром 1,2 мм на скоростях сварки порядка 5 м/мин. Однако, в случае STT такой высокий уровень тока действует только после отделения капли и ее переноса в ванну, что значительно повышает качество сварного шва.

Переход на базовый ток (Т6-Т7). После окончания действия пикового тока, когда создана капля необходимого объема, источник экспоненциально понижает ток до базового уровня. Резкое снижение тока в данном случае неприемлемо, поскольку мгновенный сброс действия дуги может привести к возникновению возмущений. При работе с последней версией аппарата - Invertec STT II - сварщик имеет возможность регулировать скорость снижения тока на этом этапе специальной рукояткой на лицевой панели источника, достигая при этом наибольшей стабильности процесса сварки и наилучшей формы сварного шва. Кроме того, замедление падения тока приводит к увеличению общего тепловложения в сварочную ванну без изменения длины дуги, что важно, например, при сварке высоколегированных и нержавеющей сталей. Повышение тепловложения способствует улучшению сплавления с основным металлом и позволяет повысить скорость сварки. С переходом тока на базовый уровень вновь созданная капля начинает приобретать правильную сферическую форму и весь цикл переноса повторяется.

Как было отмечено выше, в настоящее время для реализации описанного процесса используется сварочный источник марки Invertec STT II. Его нельзя отнести ни к одной группе аппаратов для сварки с традиционными вольтамперными характеристиками. Правильнее считать его источником с высокоскоростным управлением величиной сварочного тока, оптимизированным специально для переноса сериями коротких замыканий. Как и традиционный сварочный полуавтомат, система на базе Invertec STT II состоит из собственно источника питания, блочно независимого механизма подачи сварочной проволоки с комплектом соответствующих контрольных и

силовых кабелей и стандартной горелки для полуавтоматической сварки на 200 или 300 Ампер. Кроме того, стандартная комплектация источника питания включает специальный раздвоенный провод длиной до 15 м, предназначенный для организации контура обратной связи от сварочной дуги к источнику питания. Одна из линий контура закрепляется на токоподводе механизма подачи, а другая с помощью небольшого зажима закрепляется на свариваемой детали. В процессе подбора режима сварщик должен установить необходимую скорость подачи проволоки, определяющую производительность наплавки, и выполнить ряд облегчающих работу и понижающих вероятность образования дефектов функциональных установок. Настройка источника питания Invertec STT II выглядит иначе, чем у обычного полуавтомата с жесткой характеристикой. Поскольку процесс сварки полностью подконтролен микропроцессору, сварщик лишь задает параметры и форму токовых импульсов, возникающих в контуре при переносе капли: устанавливается величина базового (0 - 125 А), пикового (0 - 450 А) токов, а так же длительность заднего фронта импульса роста капли. Кроме того, перед началом работы простым переключением двух тумблеров источник настраивается на материал свариваемого изделия и диаметр используемой сварочной проволоки.

Процесс STT основан на принципиально новом технологическом подходе к оборудованию для сварки и выполняемым им задачам. При внешней схожести с традиционной полуавтоматической сваркой, сказанное выше о работе систем с технологией STT убеждает в наличии большого количества отличий, имеющих важное прикладное значение, в частности, для решения вопроса создания качественного корневого шва при сварке труб различного диаметра.

Корневой шов - главная составляющая всего соединения. Качество и производительность при выполнении корневого шва определяет темп строительства всей магистрали. На сегодняшний день существуют и активно применяются на практике несколько традиционных способов создания

корневого шва методом дуговой электросварки. К ним относятся: ручная сварка корня покрытыми электродами с основным и целлюлозным типом покрытия, а так же автоматическая сварка корня сплошной проволокой в среде защитного газа головками, расположенными внутри трубы. Последний метод является наиболее производительным и дорогостоящим, и требует дополнительных затрат на переточку заводской кромки трубы под сварку изнутри. Процесс STT способен устранить этот недостаток. Теплофизические свойства дуги и сварочной ванны, характерные для процесса переноса металла за счет сил поверхностного натяжения, позволяют вести сварку корня снаружи с получением гарантированного проплавления и обратного валика требуемых размеров во всех пространственных положениях. При этом процесс STT способен, при определенном навыке сварщика, в достаточно больших пределах отрабатывать изменения параметров разделки. Исследования показали, что процесс справляется с задачей сплавления кромок и создания обратного валика при увеличении ширины разделки до 4,0 мм и смещении кромок до 3,0 мм даже в потолочном положении.

Другим достоинством метода STT при выполнении корневого прохода на трубах большого диаметра является размер наплавляемого шва. За один проход наплавляется слой металла, соответствующий двум проходам (корневому и горячему) при использовании электродов с целлюлозным типом покрытия. Во-первых, это обстоятельство ощутимо сокращает время сварки. Во-вторых, позволяет вывести внутренний центратор сразу после сварки корня, поддерживая, таким образом, высокий темп строительных работ. При этом внешняя поверхность корневого шва свободна от шлака (требуется лишь незначительная зачистка проволочной щеткой), и не имеет так называемых "карманов" - зашлакованных продольных канавок, расположенных по краям шва в местах сплавления с основным металлом, характерных для все той же сварки целлюлозными электродами.

Среди других особенностей процесса STT следует выделить сокращение общего тепловложения в свариваемую деталь, крайне низкий уровень разбрызгивания и дымообразования. При этом большинство сварщиков отмечают легкость управления сварочной ванной. Процесс не требует особых навыков, а во многих случаях просто менее трудоемок. Высокие показатели качества и стабильности наплавки достигаются при защите дуги и сварочной ванны наиболее дешевым углекислым газом, поскольку метод оптимизирован именно для типа переноса металла сериями коротких замыканий, характерного для CO₂.

Одно из достоинств метода STT - возможность его использования для механизированной сварки. Как отмечалось ранее, системы автоматической сварки стыков трубопроводов позволяют достичь наивысших показателей качества и производительности работ.

Для труб большого диаметра предложено использовать стандартную заводскую разделку с углом скоса кромок 20 - 30° и стандартным притуплением и зазором. В этом варианте сварочная технология STT призвана обеспечить выполнение качественного корневого шва при наличии существующих погрешностей подготовки кромок и сборки без использования подкладных колец. Выполнение остальных проходов при сварке всего стыка аналогично первому случаю, за исключением использования порошковой газозащитной проволоки для заполняющих слоев, обеспечивающей лучшее проплавление и при сварке труб большой толщины.

2.2 Сварка самозащитной порошковой проволокой типа Innershield

Способ полуавтоматической сварки самозащитной проволокой Innershield предназначен для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных и поворотных стыков труб диаметром 273-1420 мм с толщинами стенок 6 - 22 мм включительно.

Порошковая проволока, поставляемая для использования в трассовых условиях, должна быть упакована в герметичные полиэтиленовые ведра. В каждом ведре находится по четыре катушки весом 6,3 кг.

Способ сварки самозащитной порошковой проволокой имеет следующие особенности, обуславливающие его преимущества перед ручной дуговой сваркой покрытыми электродами:

- высокая линейная скорость сварки (14 - 20 м/ч по сравнению с 4 - 8 м/ч для электродов с основным видом покрытия);
- возможность форсировать режим сварки, например, при использовании проволоки диаметром 1,98 мм повышается производительность наплавки на 50 - 75 % по сравнению с ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия диаметром 4,0 мм, для которых производительность наплавки составляет 1,4-1,5 кг/ч;
- более высокая эффективность работы сварщика в связи с отсутствием необходимости останавливать процесс сварки для смены электродов;
- низкий процент ремонта сварных швов за счет возможности выплавить дефекты, используя характерную для способа высокую плотность тока;
- возможность осуществления сварки при сильном ветре за счет особой системы защиты капель расплавленного металла и ванны;
- устранение значительного количества дефектов, обычно образующихся при обрыве и зажигании дуги при частой смене электрода;
- отсутствие необходимости сушки проволоки перед использованием;
- возможность использования способа для сварки захлестов и при специальных сварочных работах;
- техника сварки порошковой проволокой достаточно проста, и срок обучения сварщиков составляет 10 — 20 дней.

Некоторые недостатки, возникающие при сварке порошковой проволокой:

- процесс сварки проволокой Innershield происходит на высоком токе (230 — 300 А) и сопровождается достаточно большим разбрызгиванием. При этом капли имеют высокую температуру. В связи с этим при сварке проволокой типа Innershield (в особенности для проволоки диаметром 2,0 мм) необходимо использование специальной одежды (кожаные костюмы) и масок (фиброметалл).

- проволока имеет гигиенический сертификат, однако процесс сопровождается повышенным аэрозолевыделением.

Самозащитная порошковая проволока может быть использована в составе следующего комбинированного технологического варианта сварки:

сварка корневого слоя шва полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа методом STT и всех последующих слоев проволокой типа Innershield.

2.3 Выбор сварочных материалов

Для метода STT применялась электродная проволока марки Superarc L-56. В ходе работы было принято решение заменить данную проволоку на отечественный аналог сварочную проволоку ЕКАТЕРИНА 70S-6 и просчитать экономический эффект внедрения.

Проволока сварочная сплошного сечения, марки ЕКАТЕРИНА 70S-6 диаметром 1,2 мм, предназначена для полуавтоматической сварки как в смеси (80% Ar + 20% CO₂) так и в чистом CO₂ углеродистых (08, 10, 15, 20, 25) и низколегированных (типа 16ГС, 09Г2С) сталей с пределом текучести до 460 МПа включительно, в том числе и конструкционных сталей, применяемых в мостостроении, судостроении, производстве металлоконструкций, машиностроении, магистральных нефтегазопроводов.

Высокая чистота поверхности омедненной и полированной проволоки (без омеднения с двойной очисткой поверхности), ее качественная намотка на катушки, стабильный калибр ее по всей длине в сочетании с низким содержанием S и P обеспечивают стабильное горение дуги, а пониженное

содержание Mn обеспечивает минимальное разбрызгивание и высокое качество шва.

Таблица 3 - Химический состав проволоки ЕКАТЕРИНА 70S-6, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	N	Cu	S	P
0,11	0,80-1,10	0,40-1,70	0,1	0,010	0,01	0,15	0,015	0,015

Таблица 4 – Механические свойства металла шва

Наименование параметра	Значение
Временное сопротивление, МПа	560
Относительное удлинение, %, не менее	25
Предел текучести, МПа	440
Ударная вязкость, Дж/см ² (KCV) (-20°C)	70
Ударная вязкость, Дж/см ² (KCV) (-40°C)	50
Ударная вязкость, Дж/см ² (KCU) (-60°C)	70

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва применяем самозащитную порошковую проволоку марки Innershield NR 207

Порошковая проволока — сварочный материал, представляющий собой стальную оболочку, заполненную порошкообразным наполнителем. Это как бы электрод, вывернутый наизнанку. Но при этом электрод бесконечной длины.

В состав наполнителя порошковой проволоки входят следующие компоненты:

- газообразующие — обеспечивают защиту расплавленных капель и сварочной ванны от азота и кислорода воздуха (мрамор, целлюлоза и карбонаты Ca, Na, Mg);
- шлакообразующие — соединения, образующие шлаковую защиту (рутиловый концентрат, флюоритовый концентрат, алюмосиликаты),
- раскислители — участвуют в металлургических процессах, протекающих в сварочной ванне, обеспечивая металлургическое качество сварного шва (ферромарганец, ферротитан);
- металлические составляющие — повышают производительность наплавки (металлический порошок, соединения железа).

Для сварки газонефтепроводов могут применяться только специальные самозащитные порошковые проволоки производства фирмы "Линкольн Электрик" (США).

Марку самозащитной порошковой проволоки выбирают в зависимости от прочностного класса свариваемых труб:

- для сварки стыков труб из сталей с нормативным пределом прочности до 530 МПа включительно применяется самозащитная порошковая проволока марки NR-207 диаметром 1,7 мм;

Марка проволоки NR-207 аттестована в установленном порядке и допущена для сварки стыков труб газо-, нефтепроводов различного диаметра и толщин стенок.

Таблица 5 – Химический состав наплавленного металла, %:

С	Si	Mn	Ni	Al	S	P
0,08	0,2	0,93	0,89	1,00	0,025	0,03

Таблица 6 – Механические свойства металла шва

Наименование параметра	Значение
Временное сопротивление, МПа	572
Относительное удлинение, %, не менее	25
Предел текучести, МПа	462
Ударная вязкость, Дж/см ² (KCV) (-20°C)	61

3 Расчёт режимов сварки

3.1 Расчёт режимов сварки в углекислом газе

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы, качества и химического состава шва.

К основным параметрам режима механизированной дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом, определяемых расчётом, относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки. Основные параметры: защитная среда (газовая, шлаковая, газосшлаковая), род тока, полярность устанавливают, исходя из условий сварки конкретного изделия. Расчет проводим по методике представленной в [9].

Определим площадь наплавленного металла:

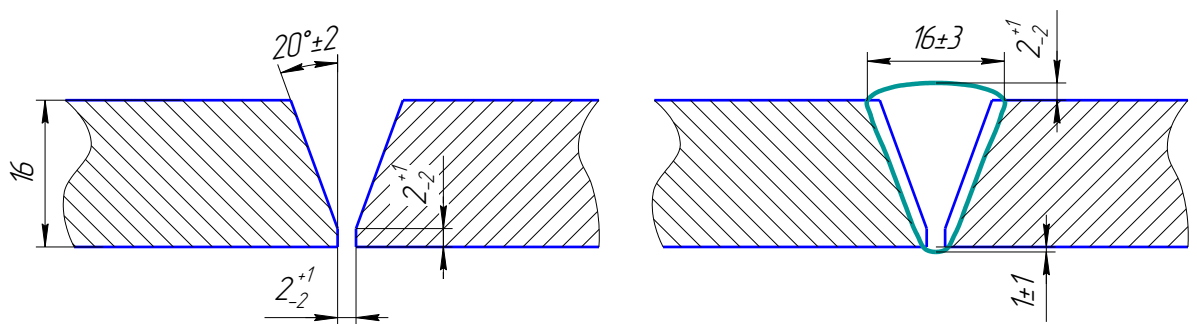


Рисунок 4 - ГОСТ 14771-76, геометрические размеры сварного шва

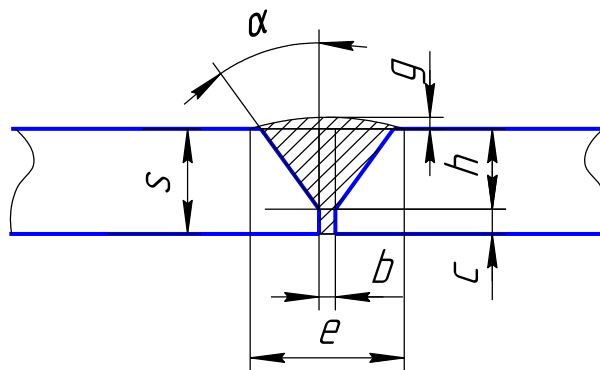


Рисунок 5 – Расчет площади наплавленного металла

$$F_H = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + S \cdot b + 0,73 \cdot e \cdot g = 14^2 \cdot 0,36 + 2 \cdot 16 + 0,73 \cdot 16 \cdot 2 = 125,8 \text{ мм}^2. \quad (5)$$

Назначаем три прохода:

первый проход (корень шва) $F = 20 \text{ мм}^2$;

второй проход (заполняющий) $F = 56 \text{ мм}^2$;

третий проход (облицовочный) $F = 50 \text{ мм}^2$.

Принимаем диаметр проволоки $d_3 = 1,2 \text{ мм}$, тогда

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j_3 = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 120 = 136 \text{ А}, \quad (6)$$

Принимаем для первого прохода: $I_{св} = 140 \text{ А}$.

Принимаем для второго прохода: $I_{св} = 200 \text{ А}$.

Принимаем для третьего прохода: $I_{св} = 160 \text{ А}$.

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_3^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1, \text{ тогда} \quad (7)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 140 \pm 1 \approx (25,4 \div 27,4).$$

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_d}{I_{св}}, \quad (8)$$

где k' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Согласно [1], величина коэффициента k' при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ при сварке постоянным током обратной полярности:

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925}, \text{ таким образом,} \quad (9)$$

$$\psi_{np} = 0,367 \cdot 120^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 140) \cdot \frac{1,2 \cdot 26}{140} = 3,095,$$

где α_n - коэффициент наплавки. Его можно определить по формуле, согласно [1]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n), \text{ где} \quad (10)$$

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \text{ тогда} \quad (11)$$

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 = 9,5\%;$$

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{120} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 12,6; \quad (12)$$

где l - вылет электродной проволоки. Согласно рекомендациям, предложенным в [4], он равен 15 мм, тогда

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n) = 12,6 \cdot (1 - 0,095) = 12,6 \cdot 0,905 = 11,4. \quad (13)$$

Скорость сварки определим по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ тогда} \quad (14)$$

Для первого прохода:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{11,4 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,27} = 0,28 \text{ см/с}.$$

Для второго прохода:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{11,4 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,27} = 0,15 \text{ см/с}.$$

Для третьего прохода:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} = \frac{11,4 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,5} = 0,13 \text{ см/с}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нпн} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}. \quad (15)$$

Для первого прохода:

$$V_{нпн} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{11,4 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 2,27 \text{ см/с}.$$

Для второго прохода:

$$V_{нпн} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{11,4 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 3,25 \text{ см/с}.$$

Для третьего прохода:

$$V_{нпн} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{11,4 \cdot 160}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 2,6 \text{ см/с}.$$

3.2 Режимы сварки труб методом STT и Innershield

При сварке в защитных газах труб методом STT и Innershield основными параметрами режима сварки являются: скорость подачи проволоки, пиковый ток, базовый ток, скорость сварки, длительность заднего фронта импульса, расход газа, диаметр сварочной проволоки, расстояние от торца контактного наконечника до изделия.

Исходя из литературных данных [8], назначаются следующие режимы сварки, которые представлены в таблице 7 и 8.

Толщина стенки трубы – 15 мм;

Проволока диаметром - 1,2 мм;

Защитный газ - CO₂;

Расход газа - 12 – 13 л/мин;

$$\alpha_n = 11,9 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}.$$

Таблица 7 – Ориентировочные режимы сварки с применением метода STT по [8]

Шов	Скорость подачи проволоки, м/мин	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Скорость сварки, м/мин	Расстояние от торца контактного наконечника до изделия, мм	Средняя величина сварочного тока, А	Длительность заднего фронта импульса
Корневой	3	420	55	0,20-0,23	6,4	200	0

Таблица 8 – Ориентировочные режимы сварки с применением метода Innershield по [8]

	d _{эл} , мм	I _{св} , А	U _д , В	V _{св} , м/ч	V _{пэп} , м/ч
Заполняющий	1,7	160	27	4,7	103
Облицовочный	1,7	200	29	3,4	129

4 Обоснование выбора основного сварочного оборудования

4.1 Оборудование для сварки STT

Для сварки корневого шва трубы будем применять установку Invertec STT II. Основные технические данные приведены в таблице 9.

Сварочный аппарат Invertec STT II – имеет возможность управления объемом наплавки. Он оснащен дополнительным регулятором заднего фронта импульса сварочного тока. Данная функция позволяет выполнять сварные швы с более высокими скоростями и объемами наплавки, в отличие от оригинала. Кроме этого, она позволяет осуществлять более точный контроль за формой шва, особенно при сварке сплавов с высоким содержанием никеля.

Применение технологии управления формой сварочного тока позволяет в считанные микросекунды отстроить величину сварочного тока. Точный контроль тока в течение всего сварочного цикла минимизирует или совсем исключает основные недостатки сварки сплошной проволокой короткими замыканиями в среде защитного газа. Процесс STT реализует перенос металла в сварочную ванну посредством сил поверхностного натяжения расплавленного металла. Отстройка действующей величины сварочного тока полностью основывается на тепловых потребностях дуги в каждый отдельный момент всего цикла переноса. В комплект установки входит: источник питания Invertec STT II, механизм подачи проволоки LF-37, горелка Magnum и т.д [8].

С STT II могут использоваться различные сварочные материалы, включающие сплошную и порошковую проволоку для сварки обычных и нержавеющей сталей, никелевых сплавов и кремнистой бронзы. Уровень разбрызгивания при сварке STT, использующей в качестве защитного газа CO_2 , ниже, чем при сварке сплошной проволокой в смесях аргона. Аппарат предназначен как для полуавтоматической, так и для автоматической сварки. Источник позволяет решить проблемы с высоким уровнем разбрызгивания и дымообразования, прожогами, регулировкой тепловложения, плохой сборкой стыка, а также осуществлять ремонт сварного соединения.

Таблица 9 – Технические характеристики источника питания Invertec STT II

Питание, В	200/220/380/415/440
Диапазон базового сварочного тока, А	0-125
Диапазон пикового сварочного тока, А	0-450
Сварочный ток, А	225/60%
Напряжение холостого хода, В	85
Габариты, мм	589x336x620
Вес, кг	53

Преимущества данного сварочного аппарата, по [8] заключаются в следующем:

- исключает образование несплавлений при сварке с зазором стыков труб и сосудов давления;
- снижает уровень сварочных деформаций и вероятность прожогов за счет управления величиной тепловложения;
- снижает уровень излучения сварочной дуги;
- процесс не требует от сварщика большого навыка в работе и прост в обучении;
- снижение уровня дымообразования;
- легкая и компактная конструкция, высокая транспортабельность;
- схема компенсации, обеспечивающая стабильность процесса сварки при колебаниях напряжения в сети питания в пределах $\pm 10\%$;
- электронная и термостатическая защита.

Технические характеристики механизма подачи проволоки LF-37 представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики механизма подачи проволоки LF-37

Диаметр электродной проволоки, мм	0,8-1,6
Сварочный ток, А	650
Скорость подачи, м/мин	2-20
Габариты, мм	356x188x534
Вес, кг	16

4.2 Оборудование для сварки Innershield

Для сварки заполняющих швов трубы методом Innershield применяем источник питания Lincoln Electric Idealarc DC-400 и механизм подачи LN-23P. Основные технические данные приведены в таблице 11.

Lincoln Electric Idealarc DC-400 – мощный промышленный трехфазный выпрямитель для ручной дуговой сварки штучными электродами, сварки сплошной проволокой в среде защитных газов, сварки газозащитной и самозащитной порошковой проволокой, аргонодуговой сварки на постоянном токе, сварки под флюсом проволокой диаметром до 2 мм и воздушно-дуговой строжки.

Особенности

Большие, удобно расположенные переключатели для быстрого выбора сварочных процессов: MMA/TIG/CAC-A – падающая ВАХ, MIG/MAG/FCAW – жесткая ВАХ, SAW – жесткая ВАХ.

Система контроля форсирования дуги – Arc Force Control устанавливает ток короткого замыкания для мягкой дуги или жесткой дуги при падающей вольтамперной характеристике (MMA/TIG).

Управление дугой – Arc Control позволяет контролировать пинч-эффект для регулирования уровня и скрообразования, текучести металла и формы шва при сварке в среде защитных газов и порошковой проволокой.

Таблица 11 – Технические характеристики источника питания Idealarc DC-400

Характеристика	Значение
Сеть питания	208/380/440/3/50/60
Свароч. ток / Напряж. / ПВ	400A/36В/100% 450A/40В/60% 500A/40В/50%
Диапазон тока	60-500А
Габаритные размеры ВхШхД (мм)	698 x 566 x 840
Масса, кг	215

В качестве механизма подачи принимаем аппарат LN-23P. Технические характеристики представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики механизма подачи проволоки LN-23P

Диаметр электродной проволоки, мм	1,7-2
Сварочный ток, А	350
Скорость подачи, м/мин	0,76-4,3
Габариты, мм	520x230x280
Вес, кг	12,3

5 Технология изготовления сварочной конструкции или изделия

5.1 Заготовительные операции

Трубы и детали трубопроводов должны пройти входной контроль. До начала работ следует проверить наличие сертификатов (паспортов) на трубы, детали и запорную арматуру, и все сварочные материалы, которые будут использованы для сооружения объекта, а также соответствие маркировки (клейм) обозначениям, указанным в сертификатах (паспортах).

При отсутствии клейм, маркировки, сертификатов (или других документов, удостоверяющих их качество) трубы и детали трубопроводов к сборке и сварке не допускаются.

При визуальном контроле поверхности труб, включая зоны заводских продольных и спиральных швов, должны быть выявлены недопустимые дефекты, вид и размеры которых определены техническими условиями на поставку труб.

Трубы и детали трубопроводов с недопустимыми дефектами к сборке не допускаются.

На поверхности труб или деталей не допускаются:

- трещины, плены, рванины, закаты любых размеров;
- царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм;
- местные перегибы, гофры и вмятины;
- расслоения на концах труб.

Следует проверить перпендикулярность свариваемого торца по угольнику. Отклонение свариваемого торца от угольника для труб, деталей и арматуры должно быть не выше значений, регламентированных техническими условиями. Следует проверить соответствие формы, размеров и качества подготовки свариваемых кромок, в том числе расточки («нутрения») под заданный внутренний диаметр, требованиям технологической карты. Точность обработки фасок под сварку и размеры разделки проверяют инструментально.

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и деталей трубопроводов от попавшего грунта, снега и т.п. загрязнений, а также механически очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб, деталей трубопроводов, патрубков арматуры на ширину не менее 10 мм. Следует проверить качество зачистки наружной и внутренней поверхностей свариваемых торцов.

Следует проверить соответствие минимальной фактической толщины стенки в зоне свариваемых торцов допускам, установленным ТУ на поставку труб после расточки (нутрения) под заданный внутренний диаметр [3].

По старой технологии труба отрезалась ручной газовой резкой (рисунок 6, а).

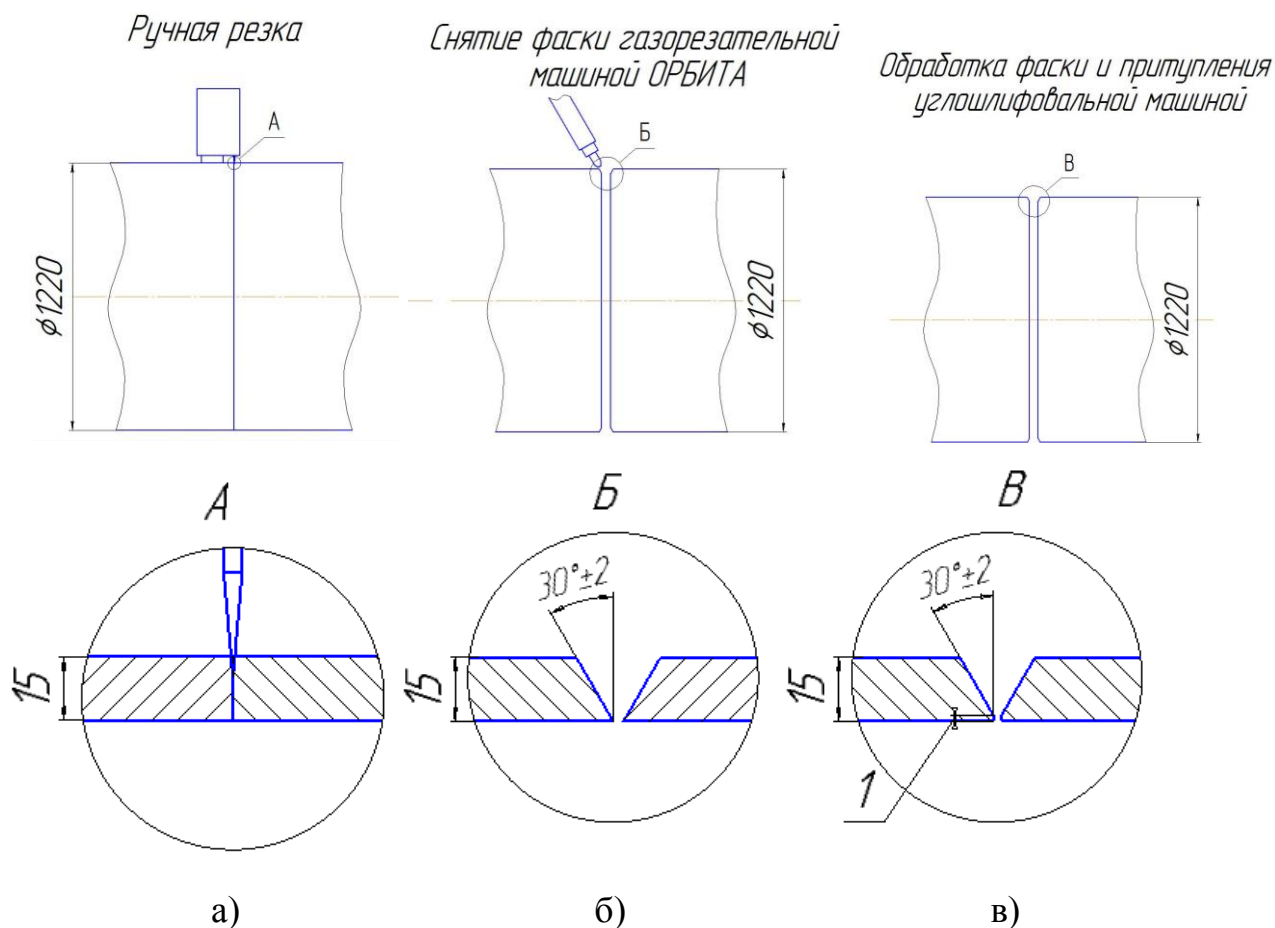


Рисунок 6 – Старая технология подготовки стыков к сварке

Затем производится газокислородное снятие фаски (рисунок 6, б). Заключительным этапом было удаление науглероженного слоя и получение притупления кромки (рисунок 6, в).

Новая технология предполагает использование механизированной установки для холодной резки со снятием фаски RSG FEIN.

Механическая резка установкой RSG FEIN

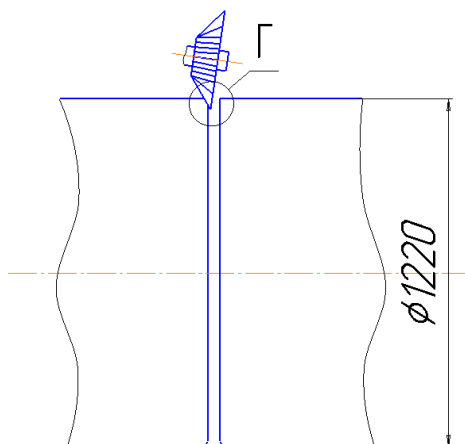


Рисунок 7 – Новая технология подготовки стыков к сварке

Применение установки RSG FEIN позволяет за одну операцию отрезать трубу и получить форму разделки шва под сварку.



Рисунок 8 - Механизированная установка для холодной резки со снятием фаски RSG FEIN.

При использовании установки RSG FEIN получается зауженная разделка шва (рисунок 8), это позволяет:

- уменьшить количество наплавленного металла;
- увеличить скорость сварки

- экономить на сварочных материалах,
- уменьшить общую себестоимость работ по производству одного стыка.

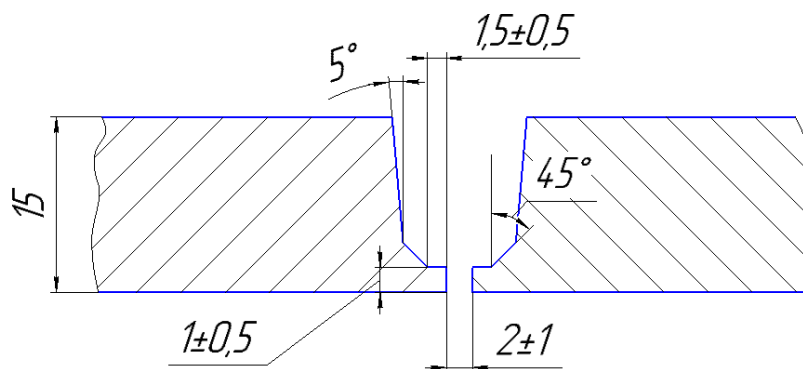


Рисунок 9 – Зауженная разделка

5.2 Технологический процесс сборки и сварки

Перед сборкой следует осмотреть поверхности кромок свариваемых элементов. Устранить шлифованием на наружной поверхности неизолированных торцов труб или переходного кольца царапины, риски, задиры глубиной до 5 % от нормативной толщины стенки, но не более минусового допуска на толщину стенки в соответствии с техническими условиями или ГОСТ на трубы.

Концы труб с забоинами и задирами фасок глубиной более 5 мм или вмятинами глубиной более 3,5 % от диаметра труб, а также любые вмятины с надрывами или резкими перегибами, имеющие дефекты поверхности, исправлению не подлежат и должны быть вырезаны.

После вырезки участка с недопустимыми дефектами следует выполнить УЗК участка, прилегающего к торцу шириной не менее 40 мм по всему периметру трубы для выявления расслоений. Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, должна быть произведена обрезка трубы на расстоянии не менее 300 мм от торца и произведен ультразвуковой контроль.

При сборке стыков труб с одинаковой нормативной толщиной стенки должны соблюдаться следующие требования смещение внутренних кромок бесшовных труб не должно превышать 2 мм. Допускаются местные внутренние смещения кромок труб, не превышающие 3 мм на длине не более 100 мм.

Величина наружного смещения в этом случае не нормируется, однако при выполнении облицовочного слоя шва должен быть обеспечен плавный переход поверхности шва к основному металлу. Для труб с нормативной толщиной стенки до 10 мм допускается смещение кромок до 40 % от нормативной толщины стенки, но не более 2 мм.

При сборке запрещается ударная правка концов труб, как без нагрева, так и с нагревом.

При сборке заводские (как продольные, так и спиральные) швы следует смещать относительно друг друга не менее, чем на 50 мм при диаметре до 219 мм, на 75 мм - при диаметре свыше 219 до 530 мм, на 100 мм - при диаметре свыше 530 мм. Рекомендуется располагать заводские продольные швы в верхней половине периметра свариваемых труб.

Не допускается перемещать или подвергать любым внешним воздействиям сваренный стык до полного завершения корневого слоя шва, выполненного электродами с основным видом покрытия [3].

5.3 Дефекты возникающие при сварке трубопровода

В сварочном производстве различают дефекты подготовки изделий под сварку и дефекты, возникающие в процессе сварки. Сварочные дефекты могут быть наружными и внутренними. Неразрушающие методы контроля применяют, как правило, для определения внутренних макроскопических дефектов. Наружные дефекты сварки обычно выявляют внешним осмотром

Допущенные дефекты при подготовке и сборке приводят к появлению собственно сварочных дефектов. Наиболее характерные дефекты этого типа: неправильный угол скоса кромок в швах; слишком большое или малое притупление по длине стыкуемых кромок; непостоянство зазора между кромками; несовпадение стыкуемых плоскостей кромок; расслоения и загрязнения на кромках и т. п.

Причинами подобных дефектов могут быть неисправности оборудования, применяемого для изготовления заготовок и приспособлений для сборки,

недоброкачественность исходных материалов, низкая квалификация обслуживающего персонала [17].

Правильность сборки контролируют внешним осмотром и геометрическими измерениями с помощью шаблонов и специализированного инструмента.

Форма и размеры швов задаются техническими условиями. При сварке плавлением, как правило, регламентируют ширину и выпуклость шва, число проходов и глубину проплавления. Швы могут иметь неравномерность, которая появляется вследствие неустойчивого режима сварки, неравномерности зазора и угла скоса кромок. Неправильная форма швов является следствием неточного направления электрода относительно разделки. В случае недостаточной скорости подачи электродной проволоки при данной скорости сварки, увеличения угла скоса кромок или зазора между ними, протекания металла в зазор возникает так называемая неполномерность сварных швов. В местах расположения прихваток из-за нестабильности сварочного процесса появляется неравномерность шва.

Поры образуются при сварке загрязненных кромок металла, т. е. при плохой зачистке от окалины, ржавчины. Поры и шлаковые включения образуются часто вследствие недостаточного сварочного тока и чрезмерно большой скорости сварки. Размеры пор и шлаковых включений колеблются от нескольких микрометров до нескольких миллиметров. Форма их обычно сферическая. Шлаковые включения могут располагаться на границе оплавления основного металла с наплавленным, непровары чаще всего — в корне шва. Шлаковые включения могут вызвать местную концентрацию напряжений и снизить прочность соединения. Встречаются микроскопические шлаковые включения — загрязнения в виде нитридов, сульфидов, легкоплавких эвтектик, оксида железа [17].

На поверхности сварных швов образуются подрезы, представляющие собой углубления в основном металле, появляющиеся в процессе сварки вдоль

края шва. Подрезы уменьшают сечения изделия, вызывают концентрацию напряжений и могут стать причиной разрушения швов.

При обрыве дуги образуются кратеры в виде углублений, которые уменьшают рабочее сечение шва, снижают его прочность и коррозионную стойкость. Часто кратер служит очагом появления трещин.

В результате большого сварочного тока, чрезмерно высокой погонной энергии образуются прожоги. Место прожога должно быть повторно заварено. Наиболее часто встречающиеся дефекты — это поры. Часть из них выходит на поверхность. Из канальных пор обычно развиваются свищи, т. е. сквозные дефекты. Поверхностные дефекты можно обнаружить визуально и исправить. Если допускаются небольшие дефекты формирования, то это должно быть оговорено в инструкциях и технических условиях на изготовление данного изделия. Значительное количество поверхностных дефектов обычно указывает на наличие и внутренних дефектов.

К внутренним дефектам, нарушающим сплошность сварного соединения, можно отнести поры, трещины, непровары, несплавления и др.

Трещины являются весьма опасными дефектами, так как создают резкую концентрацию напряжений. Трещины появляются при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей в результате слишком быстрого охлаждения.

Иногда трещины возникают при охлаждении сваренных заготовок на воздухе. Они могут располагаться вдоль и поперек сварного соединения, а также в основном металле, в месте сосредоточения швов и приводить к разрушению сварной конструкции. Сварные соединения с трещинами подлежат исправлению.

Несплавления кромок основного металла с наплавленным или слоев шва между собой при многослойной сварке называют непроваром, представляющим собой несплошность между основным и наплавленным металлом.

Непровары чаще всего образуются при небольшом зазоре между кромками и малом угле их скоса, завышенном притуплении и загрязнении кромок, неточном направлении электродной проволоки относительно места сварки, недостаточном сварочном токе или чрезмерно большой скорости сварки. Они снижают работоспособность сварного соединения за счет ослабления рабочего сечения, создают концентрацию напряжений в шве.

Упомянутые выше дефекты встречаются при сварке плавлением. Они уменьшают рабочее сечение шва, создают концентрацию напряжений и способствуют ускоренному разрушению конструкции. Если в сварном соединении сосудов и трубопроводов имеются сквозные дефекты, то через них происходит утечка жидкостей и газов [17].

6 Технический контроль качества и исправления брака

6.1 Визуальный и измерительный контроль

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения, на которые распространяется РД 153-006-02.

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4–7 кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, указанными в п. 6.3, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются:

- трещины всех видов и направлений;
- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;
- наплывы (натеки) и брызги металла;
- незаваренные кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- скопления и включения пор.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

Измерительный контроль сварных соединений (определении размеров швов, смещения кромок, перелом осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле,

если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта с помощью мерительных инструментов.

Контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [3].

6.2 Ультразвуковая и радиографическая дефектоскопия

Для обнаружения возможных внутренних дефектов сварные соединения подлежат ультразвуковой или радиографической дефектоскопии.

Радиографическую дефектоскопию производят согласно требованиям ГОСТ 7512-82 и СНиП 2.05.06-85.

Применение других физических методов контроля, модернизированных или автоматизированных вариантов, а также замену одного метода другим либо их сочетанием, разрешается производить по инструкции согласованной с Ростехнадзором.

Радиографический и ультразвуковой контроль кольцевых сварных соединений при 100 % контроле, проводится по всему периметру стыка.

Ультразвуковому контролю должны подвергаться только соединения с полным проплавлением (без конструктивного непровара).

При выборочном контроле отбор контролируемых соединений должен проводиться отделом технического контроля предприятия из числа наиболее трудновыполнимых или вызывающих сомнения по результатам визуального и измерительного контроля. Объёмы контроля неразрушающими методами сварных соединений, на которые распространяются правила Ростехнадзора.

При радиографическом контроле сварных соединений через две стенки нормы оценки качества следует принимать по тому же размерному показателю, что и при контроле через одну стенку.

Зафиксированные на радиографических снимках включения и скопления с максимальным размером менее значений минимально фиксируемого размера включения, допускается не учитывать как при подсчете числа одиночных включений и одиночных скоплений и их суммарной приведенной площади или суммарной длины, так и при рассмотрении расстояний между включениями (скоплениями).

Любую совокупность включений, которая может быть вписана в квадрат с размером стороны, не превышающим значения допустимого максимального размера одного включения, можно рассматривать как одно сплошное одиночное включение.

Любую совокупность включений, которая вписывается в прямоугольник с размерами сторон, не превышающими значений допустимого максимального размера и допустимой максимальной ширины одиночного протяженного включения, можно рассматривать как одно сплошное одиночное протяженное включение.

Ультразвуковой контроль сварных соединений трубопроводов осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86.

Контроль может осуществляться в ручном, механизированном или автоматизированном вариантах.

Для ручного контроля и контроля в механизированном варианте сканирования следует применять ультразвуковые эхо-импульсные дефектоскопы и интроскопы УД-11ПУ, УД-12ПУ, УИ-70 или другие (в том числе импортные), близкие указанным по своим техническим характеристикам.

Для автоматизированного контроля должно применяться оборудование отечественного и (или) зарубежного производства, по своим техническим характеристикам обеспечивающее выявление всех недопустимых дефектов.

Поверхность сварного соединения, подлежащего ультразвуковому контролю, должна быть с обеих сторон шва очищена от брызг металла, шлака, окалины, грязи, льда и снега.

Подготовленные для контроля поверхности непосредственно перед прозвучиванием необходимо тщательно протереть ветошью и покрыть слоем контактной смазки. В качестве смазки в зависимости от температуры окружающей среды применяют:

- при температурах выше плюс 25 °С - солидол, технический вазелин;
- при температурах от плюс 25 до минус 25 °С - моторные и дизельные масла различных марок, трансформаторное масло и т.п.;
- при температурах ниже минус 25 °С - моторные и дизельные масла, разбавленные до необходимой консистенции дизельным топливом.

Допускается применение в качестве контактных смазок других веществ (специальные пасты, глицерин, обойный клей и др.) при условии обеспечения стабильного акустического контакта при заданной температуре контроля.

Контролируемое соединение следует прозвучивать, как правило, прямым и однократно отраженным лучом.

В ручном варианте контроля прозвучивание сварного соединения выполняют по способу продольного и (или) поперечного перемещения преобразователя при постоянном или автоматически изменяющемся угле ввода луча [17].

При механизированном и автоматизированном контроле способ сканирования определяется конструкцией акустической системы применяемого оборудования.

При обнаружении дефекта производят определение следующих его характеристик:

- амплитуду эхо-сигнала от дефекта;
- наибольшую глубину залегания дефекта в сечении шва;
- условную протяженность дефекта;

– суммарную условную протяженность дефектов на оценочном участке.

Суммарную условную протяженность дефектов на оценочном участке (в мм) определяют как сумму условных протяженностей дефектов, обнаруженных на этом участке.

Дефекты сварных соединений по результатам ультразвукового контроля относят к одному из следующих видов:

- непротяженные (одиночные поры, компактные шлаковые включения);
- протяженные (трещины, непровары, несплавления, удлиненные шлаки);
- цепочки и скопления (цепочки и скопления пор и шлака).

К непротяженным относят дефекты, условная протяженность которых не превышает значений, указанных в таблице 13. Этими дефектами могут быть одиночные поры или неметаллические включения.

Таблица 13 – Протяженность дефектов

Толщина стенки контролируемого соединения, мм	Условная протяженность дефекта, мм
4,0-5,5	5
6,0-7,5	5
8,0-11,5	10
12,0-25,5	15
26,0-40,0	15

К протяженным относят дефекты, условная протяженность которых превышает значения, указанные в таблице 13. Этими дефектами могут быть одиночные удлиненные неметаллические включения и поры, непровары (несплавления) и трещины.

Цепочкой и скоплением считают три и более дефекта, если при перемещении искателя соответственно вдоль или поперек шва огибающие последовательностей эхо-сигналов от этих дефектов при поисковом уровне чувствительности пересекаются (не разделяются). В остальных случаях дефекты считают одиночными.

По результатам ультразвукового контроля годным считают сварное соединение, в котором отсутствуют:

- непротяженные дефекты, амплитуда эхо-сигнала от которых превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП, или суммарная условная протяженность которых в шве превышает $1/6$ периметра этого шва;
- цепочки и скопления, для которых амплитуда эхо-сигнала от любого дефекта, входящего в цепочку (скопление), превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП или суммарная условная протяженность дефектов, входящих в цепочку (скопление), более 30 мм на любые 300 мм шва;
- протяженные дефекты в сечении шва, амплитуда эхо-сигнала от которых превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП, или условная протяженность которых более 50 мм, или суммарная условная протяженность которых более 50 мм на любые 300 мм шва;
- протяженные дефекты в корне шва, амплитуда эхо-сигналов от которых превышает амплитуду эхо-сигналов от контрольного отражателя в СОП или условная протяженность такого дефекта превышает $1/6$ периметра шва [17].

6.3 Исправление дефектов в сварных соединениях

Сварные соединения, в которых по результатам контроля обнаружены недопустимые дефекты (признанные "не годными") подлежат удалению или ремонту с последующим повторным контролем в соответствии с требованиями СНиП III-42-80 [4].

Исправление дефектов в стыках, выполненных дуговыми методами сварки, допускается в следующих случаях:

- если суммарная длина дефектных участков не превышает $1/6$ периметра стыка;
- если длина выявленных в стыке трещин не превышает 50 мм.

При наличии трещин суммарной длиной более 50 мм стыки подлежат удалению.

Исправление дефектов в стыках, выполненных дуговыми методами сварки, следует производить следующими способами:

- наплавкой ниточных валиков высотой не более 3 мм при ремонте наружных и внутренних подрезов;
- вышлифовкой и последующей заваркой участков швов со шлаковыми включениями и порами;
- при ремонте стыка с трещиной длиной до 50 мм засверливаются два отверстия на расстоянии не менее 30 мм от краев трещины с каждой стороны, дефектный участок вышлифовывается полностью и заваривается вновь в несколько слоев;
- обнаруженные при внешнем осмотре недопустимые дефекты должны устраняться до проведения контроля неразрушающими методами.

Все исправленные участки стыков должны быть подвергнуты внешнему осмотру, радиографическому контролю и удовлетворять требованиям п. 4.32 [4]. Повторный ремонт стыков не допускается.

Результаты проверки стыков физическими методами необходимо оформлять в виде заключений. Заключения, радиографические снимки, зарегистрированные результаты ультразвуковой дефектоскопии и ферромагнитные ленты со стыков, подвергавшихся контролю, хранятся в полевой испытательной лаборатории (ПИЛ) до сдачи трубопровода в эксплуатацию.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Нормирование технологического процесса

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (сварки в среде защитных газов и сварки в среде защитных газов с применением метода STT) при сборке и сварки участка газопровода.

Определение норм времени для ручной дуговой сварки [16] и сварки в среде защитных газов модулированным током.

Таблица 14 – Основное время для сварки в среде защитных газов и сварки в среде защитных газов с применением метода STT

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	Старая технология	Новая технология	
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	125,8	125,8	-
γ – плотность наплавляемого металла, г/см ³	7,8	7,8	–
$I_{св}$ – сварочный ток, А 1 проход 2 проход 3 проход	130 200 200	200 210 210	–
α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч	11,4	11,9	–
Расчетная формула $t_0 = \frac{F_i \cdot \gamma \cdot 60}{I_{\text{нп}} \cdot \alpha_i}$	$t_0 = \frac{7,8 \cdot 60}{11,4} \cdot \left(\frac{20}{130} + \frac{56}{200} + \frac{50}{200} \right) = 28$	$t_0 = \frac{7,8 \cdot 60}{11,9} \cdot \left(\frac{20}{200} + \frac{56}{210} + \frac{50}{210} \right) = 24,7$	3,3

Определение основного время на сварку показало, что сварки методом STT основное время меньше чем при обычной сварке в углекислом газе, это достигается тем, что ток сварки в импульсе как и коэффициент наплавки увеличивается.

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.шз}$, а также коэффициента $k_{об}$ получены из [16].

Таблица 15- Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	Старая технология	Новая технология	
Очистка перед сваркой, свариваемых кромок от налета ржавчины и осмотр	0,5	0,5	—
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,2	—	—
Откусывание огарков проволоки	0,1	0,1	—
Осмотр и промер шва	0,3	0,3	—
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	0,25	0,25	—
Всего	1,35	1,15	0,2

Таблица 16 - Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	Старая технология	Новая технология
Время на установку	0,8	0,8
Снятие и транспортировка	0,4	0,4
Всего	1,2	1,2

Таблица 17 - Подготовительно-заключительное время для сварки в среде CO₂ и сварки методом STT

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
		Время на партию, МИН		
1	Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
2	Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0
4	Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
5	Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

Для CO₂ $t_{н.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$ мин/пар;

Для STT $t_{н.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$ мин/пар.

Таблица 18 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение $\frac{\text{мин}}{\text{изделие}}$
	Старая технология	Новая технология	
t_o – основное время на сварку, мин/м	28	24,7	3,3
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,35	1,15	0,2
l – длина шва $l = \pi \cdot d$	3,83	3,83	–
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	1,2	1,2	–
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,12	1,12	–
Расчетная формула $T_{шт} = [(t_o + t_{виз}) \cdot l + t_{виз}] K_{об}$	$T_{шт} = [(28+1,35) \cdot 3,83+1,2] \cdot 1,12 = 127,2$	$T_{шт} = [(24,7+1,15) \cdot 3,83+1,2] \cdot 1,12 = 112,2$	15

Таблица 19 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	Старая технология	Новая технология	
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8	–
$T_{шт}$ – штучное время	127,2	112,2	15
Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}$	$n = \frac{8 \cdot 60}{127,2} \approx 3,5$ шт	$n = \frac{8 \cdot 60}{112,2} \approx 4,5$ шт	1

Изменение произошло из-за основного времени на сварку и вспомогательного времени, связанного со свариваемым швом.

Таблица 20 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение $\frac{\text{мин}}{\text{изделие}}$
	Старая технология	Новая технология	
$T_{шт}$ – штучное время	127,2	112,2	15
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время	20	20	–
n – размер партии	3,5	4,5	1
Расчетная формула $T_{ук} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{n}$	$T_{ук} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} = 127,2 + \frac{20}{3,5} = 133$	$T_{ук} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} = 112,2 + \frac{20}{4,5} = 116$	17

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 21 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение кг
	Старая технология	Новая технология	
F_n – площадь наплавленного металла, см ²	1,258	1,258	-
L – длина шва, м	3,83	3,83	—
γ – плотность наплавляемого металла, г/см ³	7,8	7,8	—
Расчетная формула $G=F \cdot L \cdot \gamma$	$G=F \cdot L \cdot \gamma = 1,258 \cdot 3,83 \cdot 7,8 = 3,76$ кг		0

7.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Первая ситуация возникает, когда рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении механизированной сварки в углекислом газе и STT нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала. Поскольку сравнение вариантов следует вести из предложения, что предприятие располагает соответствующими способами и средствами, во внимание не следует принимать затраты на приобретение оборудования и амортизационные отчисления.

Таблица 22 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд	3,76	3,76	-
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,08	1,08	–
Π_{cm} – цена проволоки, за кг Екатерина 70S-6	53,7	53,7	–
Расчетная формула $C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{cm}$	$C_{cm} = 3,76 \cdot 1,08 \cdot 53,7 = 218$		0

Таблица 23 - Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
g_{gaz} - норма расхода газа, л/мин	12,85	12,85	-
t_0 - основное время на сварку, мин/м	28	24,7	-
l - длина сварного шва, м/издел	3,83	3,83	-
Π_{gaz} - цена за единицу газа (руб/л)	0,018	0,018	-
Расчетная формула $C_{gaz} = g_{gaz} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{gaz}$	24,80	22	+2,8

Таблица 24 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	30000	30000	–
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 172$ часов/месяц	172	172	–
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	133	116	+17
Расчетная формула $C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}$	$C_3 = \frac{30000 \cdot 133}{172 \cdot 60} = 386$	$C_3 = \frac{30000 \cdot 116}{172 \cdot 60} = 337$	+49

Изменение затрат произошло из-за штучно-калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 25 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%	–
$C_з$ – Затраты на заработанную плату рабочих	386	337	+49
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_з}{100}$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 386}{100} = 100,5$	$C_{отч} = \frac{30 \cdot 337}{100} = 87,5$	+13

Изменение произошло из-за затрат на заработанную плату рабочих.

Таблица 26 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		
	Старая технология	Новая технология	
U – напряжение, В	24	24	–
I – сила тока, А	176	205	–
t_o – основное время сварки, мин/м	28	24,4	3,6
l – длина сварного шва, м/изд	3,83	3,83	–
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,75	0,8	–
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	2,4	2,4	–
Расчетная формула $C_{э} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}$	$C_{э} = \frac{24 \cdot 176 \cdot 28 \cdot 3,83}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 2,4 = 24,1$ руб/изд	$C_{э} = \frac{24 \cdot 205 \cdot 28 \cdot 3,83}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} \cdot 2,4 = 26,3$ руб/изд	-2,2

Изменение затрат произошло из-за основного время сварки и сварочного тока.

Таблица 27 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Старая технология	Новая технология	
Π_j – цена оборудования соответствующего вида	105600	132700	-63100
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	–

$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин/изд	133	116	11,5
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч	2000	2000	–
k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8	–
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = \frac{105600 \cdot 0,25 \cdot 133}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 31,9$	$C_p = \frac{132700 \cdot 0,25 \cdot 116}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 40$	–8,1

Изменение затрат произошло из-за количества видов оборудования, используемого для выполнения операций технологического процесса сварки, цены оборудования соответствующего вида и штучно – калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 28 – Результаты расчетов

Наименование	Старая технология	Новая технология	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	242,8	240	+2,8
2. Основная зарплата	386	337	+49
3. Социальные цели	100,5	87,5	+13
4. Электроэнергия	24,1	26,3	-2,2
5. Ремонт	31,9	40	-8,1
Итого	785,3	730,8	54,5

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [6]:

$$Q_r = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{шк_{пр}}}, \quad (16)$$

где $t_{шк_{пр}}$ – норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

$$Q_r = \frac{2000 \cdot 0,8 \cdot 60}{116} = 827,5 \text{ ед/руб.}$$

В условиях многономенклатурного производства годовой объем производства целесообразно выразить через массу наплавленного металла. Приняв в качестве условного изделия сварную конструкцию, рассматриваемую в дипломной работе, можно получить годовой объем производства, выраженный через массу наплавленного металла:

$$M_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \cdot \frac{F_n \cdot l \cdot \gamma}{1000}. \quad (17)$$

где F_n – площадь поперечного сечения сварного шва, мм²;

l – длина сварного соединения, м;

γ – плотность металла, г/см³.

$$M_{\Gamma} = 827,5 \cdot \frac{125,8 \cdot 3,83 \cdot 7,8}{1000} = 3105 \text{ кг/год},$$

Годовой экономический эффект от применения лучшего варианта можно рассчитать через массу наплавленного металла по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = M_{\Gamma} \cdot \frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}, \quad (18)$$

где выражение $\frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}$ представляет собой удельную экономию на 1 кг наплавленного металла ($\overline{\Delta C}_{\text{кг}}$).

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = 3105 \cdot 54,5 = 169222 \text{ руб/год}.$$

Итак, более выгоден второй вариант, то есть сварка в углекислом газе методом STT. Этот вариант нам обходится дешевле на 53,5 руб/изд и годовой экономический эффект от применения лучшего варианта составляет 169222 руб/год.

7.3 Экономическая оценка эффективности инвестиций

В процессе производства сварной конструкции возникает потребность в инвестициях (приобретения соответствующего оборудования).

Худший из вариантов имеется, а другой вариант будет внедряться (он раньше отсутствовал). Исходим из того, что сварка в CO_2 применяется, а предлагается сварка в CO_2 методом STT.

Необходимо оценить экономическую выгоду данного предложения с учётом полученных инвестиций. Когда возникает вторая ситуация, то появляется необходимость в инвестициях. Экономическая эффективность предлагаемых решений будет сводиться к экономической оценке инвестиций. В

соответствии с основами стандарта экономической оценки инвестиций, оценка инвестиций осуществляется путем расчета четырех показателей:

- NPV – чисто текущая стоимость;
- PP – срок окупаемости;
- IRR – внутренняя ставка доходности;
- PI – индекс доходности.

Данный показатель характеризует эффективность инвестиции в абсолютном выражении. Он показывает насколько прирастут доходы предприятия в результате замены существующего процесса на предлагаемый.

Оценку инвестиций в новый процесс следует признать оправданной, если $NPV > 0$

Количественно показатель NPV может быть установлен по формуле:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{ч_t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (19)$$

где n – продолжительность расчетного периода, в течение которого предприятие может воспользоваться результатами функционирования предлагаемого (нового) процесса (в дипломной работе величину n можно принять 5 годам);

$\Delta\Pi_{ч_t}$ – изменение чистой прибыли, получаемой в t – м году, руб/год;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t – м году, руб/год;

I_0 – инвестиции, осуществляемые в начальный момент ($t = 0$);

i – ставка дисконтирования, учитывающая плату за привлечение финансовых ресурсов (в дипломной работе в качестве источника финансирования можно предусмотреть собственные средства предприятия, для которых ставка дисконтирования равна примерно 10%).

Изменение чистой прибыли, получаемой в t – м году, определяется по формуле:

$$\Delta\Pi_{\text{ч}t} = \left(\overline{\Delta C_t} \cdot Q_{\Gamma t} - \Delta C_{a_t} \right) \cdot (1 - H_{\text{пр}}), \quad (20)$$

где $\overline{\Delta C_t}$ – изменение текущих расходов в t – м году, руб/год;

Q_{Γ} – годовой объем производства продукции, в t – м году;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t – м году, руб/год;

$H_{\text{пр}}$ – ставка налога на прибыль ($H_{\text{пр}} = 30\%$).

Изменение амортизационных отчислений в t – м году представляет собой разность затрат на амортизацию основных средств, занятых по существующему и предлагаемому варианту в соответствующем году

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (21)$$

где C'_{a_t} и C''_{a_t} – затраты на амортизацию соответственно по существующему и предлагаемому процессами, руб/год.

Поскольку для сварочного оборудования срок полезного использования устанавливается в интервале 5–7 лет, то можно предположить, что по существующему процессу основные средства себя полностью самортизировали, т.е. $C'_{a_t} = 0$.

Затраты на амортизацию оборудования

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j}{T_{\text{пи}}} \quad (22)$$

где Π_j – цена оборудования соответствующего вида;

$T_{\text{пи}}$ – срок полезного использования оборудования (для сварочного оборудования $T_{\text{пи}} = 5 - 7$ лет)

$$C_a = 132700/5 = 26540 \text{ руб/год.}$$

Расчет чистой текущей стоимости представим в виде таблицы 30.

Таблица 30 – Расчет чистой текущей стоимости

Наименование показателей	Расчетный период, годы					
	0	1	2	3	4	5
1. Коэффициент загрузки, k_z	0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
2. Годовой объем производства Q_r , ед/год	0	517	620	724	828	1034
3. Удельная экономия на текущих издержках $\overline{\Delta C_t}$, руб./ед	0	54,5	54,5	54,5	54,5	54,5
4. Годовая экономия на текущих издержках, руб/год ($C_2 \cdot C_3$)	0	28177	33790	39458	45126	56353
5. Амортизация ΔC_a , руб./год	0	26540	26540	26540	26540	26540
6. Изменение годовой прибыли ($C_4 - C_5$), руб/год	0	1637	7250	12918	18586	29813
7. Налог на прибыль (30% от C_6), руб./год	0	393	1740	3100	4460	7155
8. Изменение чистой прибыли, руб./год ($C_6 - C_7$)	0	1244	5510	9818	14126	22658
9. Чистый денежный поток от операционной деятельности, руб/год ($C_5 + C_8$)	0	27784	32050	36358	40666	49198
10. Инвестиции, руб.	-132700	-	-	-	-	-
11. Коэффициент дисконтирования, при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
12. Дисконтированный денежный поток (C_9 и C_{10}) C_{11}	-132700	25256	26474	27304	27775	30551
13. Накопленный дисконтированный денежный поток	-132700	-107444	-80970	-53666	-25891	4660

Чистая текущая стоимость равняется

$$NPV = \left[\frac{27695}{(1+0,1)^1} + \frac{31867}{(1+0,1)^2} + \frac{36096}{(1+0,1)^3} + \frac{41324}{(1+0,1)^4} + \frac{49698}{(1+0,1)^5} \right] - 138700 = 4660 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости осуществляем по формуле:

$$n_{ок} = n + (D_n / D_{n+1}), \quad (23)$$

где n – расчетное значение срока окупаемости;

D_n – непокрытая часть накопленного денежного потока в момент года n ;

D_{n+1} – денежный поток в году $n+1$, направленный на возмещение непокрытой части данного потока.

$$n_{ок} = 4 + (25891 / 30551) = 4,85 \text{ года.}$$

Расчет индекса доходности проведем по формуле:

$$PI = 1 + (NPV / I_0) = (4660 / 132700) + 1 = 1,04. \quad (24)$$

Формально проект признается эффективным если $PI > 1.0$.

Построим график окупаемости.

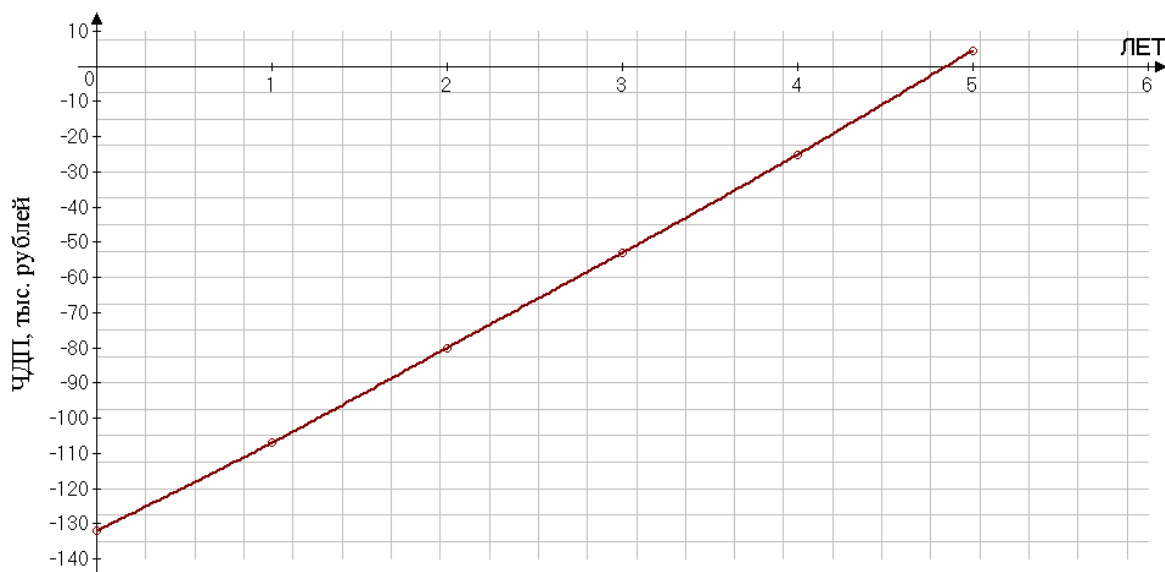


Рисунок 10 – График срока окупаемости инвестиционных затрат

Проведен технико-экономический анализ процесса сборки и сварки участка нефтепровода сваркой в среде защитных газов и сваркой в среде углекислого газа методом STT.

По затратам на сварку изделия (первая ситуация) выгоду метод STT. Он нам обходится дешевле на 54,5 руб./ст.

Учитывая условия второй ситуации (когда худший вариант имеет место, а второй будет внедряться) внедрять в производство метод STT тоже выгодно. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10\%$, $PP = 4,85$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) высокая. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10\%$, $PI = 1,04$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение метода STT выгодно.

8 Социальная ответственность

8.1 Производственная безопасность

Объектом исследования является сборка и сварка в защитном газе неповоротных стыков трубопроводов 1220x15 с применением механизма переноса капли с помощью сил поверхностного натяжения.

Оборудование: источник питания Invertec STT II, механизм подачи проволоки LF-37, горелка Magnum, внутренний центратор.

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Западной Сибири. В районе водосбора реки Обь. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный.

В данном разделе рассматриваются такие вопросы, как:

- анализ технологического процесса с точки зрения наличия или возможного появления опасных или вредных факторов, а также их воздействия на рабочих при сварке;
- мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, направленные на снижение либо устранение опасных и вредных факторов;
- мероприятия противопожарной профилактики;
- экологическая безопасность;
- чрезвычайные ситуации.

8.1.1 Санитарно – гигиенические характеристики сварочного производства

Мощное ультразвуковое или световое излучение сварочной дуги при воздействии на глаза работающего может привести к воспалительному заболеванию глазного яблока (электроофтальмия), при длительном воздействии - к поражению клетчатки глаз (конъюнктивит). Инфракрасные коротковолновые лучи могут вызвать хроническое заболевание - помутнение хрусталика глаза (катаракта). Вредные воздействия лучей сварочной дуги на органы зрения оказывают влияние в радиусе до 10 метров [17].

Кожу защищают обычной рабочей одеждой, лицо и часть шеи - щитком или шлемом. Глаза защищаются специальными темными стеклами -

светофильтрами, которые вставляют в щиток или шлем. Эти стекла совсем не пропускают ультрафиолетовые лучи, а инфракрасные пропускают в пределах от 0,1 до 4%, что не оказывает вредного влияния на зрение сварщика.

При заболевании глаз от световой радиации, необходимо немедленно обратиться к врачу, а при невозможности получения быстрой медицинской помощи следует делать примочку глаз слабым раствором питьевой соды.

Помимо ожогов лучами электрической дуги, сварщику могут быть причинены ожоги брызгами расплавленного металла. Чтобы избежать ожогов, необходимо надевать рабочую одежду из плотной брезентовой материи. Одежда не должна иметь складок. Брюки надо носить только на выпуск, чтобы они закрывали ботинки. Чтобы предотвратить прожигание спецодежды брызгами расплавленного металла, ткань пропитывается специальными составами, повышающими ее огнестойкость.

При выполнении сварочных работ в результате выгорания обмазки электрода и элементов легирования повышается загазованность рабочего места для предотвращения этого необходимо устанавливать устройства вытяжной вентиляции в зоне дыхания сварщика. Выбрасывать воздух нужно за пределы рабочих зон. Для удаления газов и пыли применяется как местная вентиляция рабочего места, так и приточно-вытяжная вентиляция всего помещения. Приточный воздух должен поступать рассеяно в рабочую зону помещений, в основном на не сварочные участки, а также там, где вытяжная вентиляция осуществляется посредством местных отсосов. Скорость движения воздуха, на рабочих местах должна быть не более 0,3 м/с [17].

Для обезжиривания металла и сварочных материалов от масляных загрязнений не следует применять трихлорэтилен, дихлорэтан и другие хлорированные углеводороды, так как при соединении их с азотом, присутствующим в атмосфере при дуговой сварке, может образовываться удушливый газ (фосген).

8.1.2 Освещение

Проектирование, устройство и эксплуатация освещения должны выполняться в соответствии с требованиями санитарных правил, действующих СНиП II-A.9-71, а так же правил устройства электроустановок [22].

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение. Основная задача освещения – создание наилучших условий для видения. В действующих нормах проектирования помещений СНиП II-4-79 задаются как количественная, так и качественная характеристика искусственного освещения.

При определении норм освещенности следует учитывать ряд условий вызывающих необходимость повышения уровня освещенности выбранного по точности зрительной работы. Допустимые коэффициенты пульсации в зависимости от системы освещения и характера выполняемой работы не должна превышать 10-20 % [22]. Цветовая отделка интерьеров помещений и оборудования в сварочных цехах должна соответствовать указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

8.1.3 Шумы и вибрации

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83* и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Нормируемыми параметрами шума являются уровни в децибелах среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемых по линейной характеристике шумомера в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 2000, 4000 и 8000Гц [17].

Борьбу с вибрациями желательно проводить в источнике их возникновения при конструировании и изготовлении машин и оборудования. Снижение уровня вибраций может быть достигнуто виброгашением, которое

чаще реализуется путем установки вибрирующих агрегатов на самостоятельные виброгасящие основания (фундамент). Также используется динамическое гашение колебаний, вибродемпфирование и изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций [17].

На рабочем месте сварщика шумящее оборудование:

- сварочные автоматы;
- стенд для сборки и сварки;
- кран – балка;
- отрезной инструмент.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром. Уровень звукового давления ~ 74 дБА, что не превышает норм 80 дБА (по ГОСТ 12.1.003–83) [18].

8.1.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция

Нормы производственного микроклимата установлены систем стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. В таблице 31 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [17].

Таблица 31 - Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м ³	класс опасности	агрегатное состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтор. соедин.	0,5	2	аэрозоли
Диоксид углерода	20	4	пары или газы

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать величин, указанных в таблице 31.

В сварочных цехах на стационарных рабочих постах, а также, где это возможно, на нестационарных постах следует устанавливать местные отсосы.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 32 [17].

Таблица 32 - Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс	V, м/с
Сварка ручная	>0,5
Сварка в защитных газах	<0,3

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10 - 20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции [18].

В нашем случае рабочее место сварщика по ПДК, относится к 2 классу опасности.

8.1.5 Электробезопасность

Причины и практические условия возникновения электропоражений, несмотря на их значительное количество, можно объединить в следующие 5 групп:

- прикосновение к оголенным токоведущим частям, находящимся под напряжением. При этом следует отличать проводящую часть электроустановки от ее токоведущей части. Проводящая часть – часть электроустановки, которая может проводить электрический ток. Токоведущая часть – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник;

- прикосновение к корпусам электрооборудования и конструктивно связанных с ними металлическим предметам и сооружениям, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним вследствие повреждения изоляции проводов (кабелей). Указанные корпуса и металлические предметы в соответствии с терминологией, принятой в ПУЭ, относятся к открытым проводящим частям (ОПЧ). Открытая проводящая часть – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции. Открытую проводящую часть электроустановки не следует смешивать с понятием сторонняя проводящая часть, т. е. проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки;

- прикосновение к отключенному, но электрически заряженному оборудованию (к конденсаторам, кабелям и т. п.);

- нахождение в недопустимой близости от места замыкания провода (кабеля) на землю. Например, к оборванному проводу, одним концом лежащему на земле, запрещается приближаться на расстояние менее 8 м во избежание попадания под шаговое напряжение;

- все поражения, связанные с действием электрической дуги и продуктов ее сгорания, а также с влиянием электрических и магнитных полей повышенной напряженности.

Сварщику на своем рабочем месте приходится работать с оборудованием, находящимся под напряжением 220 В и 380 В частотой 50 Гц, поэтому возникает опасность поражения электрическим током. В нашем случае, это сварочный аппарат, УШМ, автоматы для сварки – все это представляет потенциальную угрозу для человека. Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79 [27].

Основными условиями, обеспечивающими устранение электротравм являются:

- а) правильное устройство электроустановок;
- б) обученность электроперсонала;
- в) соблюдение правил по безопасному обслуживанию электроустановок;
- г) надзор за производством работ в электроустановках.

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

- необходимо надежно заземлять корпуса источников питания и установок, а также свариваемое изделие;
- запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;
- перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;
- при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока следует отключать;
- при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой,

маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;

- нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;
- сварщик не должен самостоятельно подключать источник питания сварочной дуги к силовой сети, или производить в ней ремонт, связанный с работой источника питания. Все эти работы выполняют только электрики цехов.

Все электрооборудование сварочных участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ). [21] Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок [18]. Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5-6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

8.1.5.1 Расчет защитного заземления

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей – металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлителей применяют сталь. В нашем случае – трубы диаметром 100 мм, которые соединены между собой, с

помощью полосовой стали. Для того, чтобы уменьшить колебания удельного сопротивления грунта заземлители забивают в землю так, чтобы их верх находился на расстоянии 0,7-0,8 м от уровня земли. Тем самым достигаются более влажные и непромерзающие слои грунта.

Полосовую сталь для соединения заземлителей принимаем сечением 60х10 мм.

Оборудование работает под напряжением 380 вольт. По таблице 1 [25] определяем для нашего случая по нормам допускаемого сопротивления заземлителей 4 Ом, а по таблице 4 [25] удельное сопротивление грунта (суглинок) составляет $\rho_{\text{г}} = 10^4$ Ом.

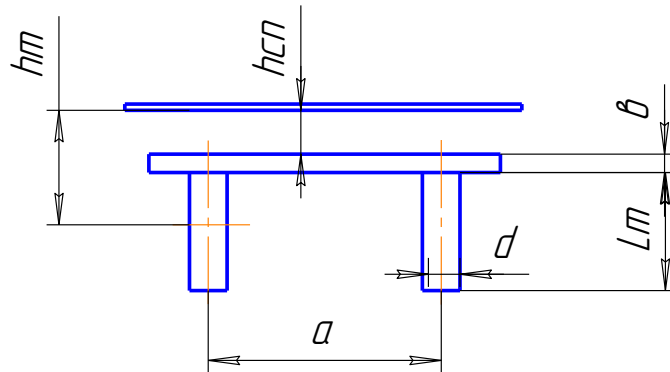


Рисунок 11 - Схема заземления ($h_m = 2,5$ м; $h_{\text{сп}} = 0,8$ м; $L_m = 3,5$ м; $d = 0,1$ м; $a = 9,8$ м).

Учитывая возможность промерзания грунта зимой и просыхания летом, определяем расчетное значение $\rho_{\text{э}}$ и $\rho_{\text{н}}$ (Ом·см) при использовании трубчатых заземлителей и стальной полосы. Коэффициенты $K_{\text{э}}$ и $K_{\text{н}}$ берем из таблицы 5 [25] для соответствующей климатической зоны.

$$\rho_{\text{э}} = \rho_{\text{г}} \times K_{\text{э}} = 1 \times 10^4 \times 1,9 = 1,9 \times 10^4. \quad (32)$$

$$\rho_{\text{н}} = \rho_{\text{н}} \times K_{\text{н}} = 1 \times 10^4 \times 4,5 = 4,5 \times 10^4. \quad (33)$$

Определяем величину сопротивления растекания тока от одной забитой в землю трубы в соответствии с изложенным в [25].

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \times \pi \times L_m} \left(\ln \frac{2 \times L_m}{d} + 0,5 \times \ln \frac{4 \times H_m + L_m}{4 \times H_m - L_m} \right), \quad (34)$$

где L_m – длина электрода, см;

d – диаметр электрода, см;

H_m – глубина заложения, см.

Подставляем значения в формулу (34) и получаем:

$$R_{\Sigma} = \frac{1.9 \times 10^4}{2 \times 3.14 \times 350} \left(\ln \frac{2 \times 350}{10} + 0.5 \times \ln \frac{4 \times 250 + 350}{4 \times 250 - 350} \right) = 370 \text{ м.}$$

Определяем потребное число заземлителей (шт.) в соответствии с изложенным в [25]:

$$n = \frac{R_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{37}{4} = 9,2, \quad (35)$$

где r_{Σ} – допускаемое сопротивление, Ом.

Принимаем количество труб $n = 9$ шт.

Определяем сопротивление соединительной полосы (Ом) [25]:

$$R_n = \frac{\rho n}{2 \times \pi \times L_n} \times \ln \frac{2 \times L_n^2}{h \tilde{r} \times \hat{a}} = \frac{4,5 \times 10^4}{2 \times 3,14 \times 7600} \times \ln \frac{2 \times 7600^2}{80 \times 6} = 11,2. \quad (36)$$

Результирующее сопротивление системы заземления определяется по формуле

$$R_c = \frac{R_{\Sigma} \times R_n}{R_{\Sigma} \times r_{\Sigma} + R_n \times \eta_n \times N}, \quad (37)$$

где η_{Σ} – коэффициент использования электродов, $\eta = 0,76$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,82$.

Тогда с учетом всех значений получаем:

$$R_c = \frac{37 \times 11,2}{37 \times 0,76 + 11,2 \times 0,82 \times 9} = 3,7.$$

Проверка: $R_c < r_{\Sigma}$

$R_c = 3,7 \text{ Ом} < r_{\Sigma} = 4 \text{ Ом.}$

Таким образом, рассчитано требуемое количество электродов, при общем сопротивлении защитного заземления, не превышающего допустимого по нормам.

8.1.6 Пожарная безопасность

Причиной возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий:

- нарушение технологического режима;

- неисправность электрооборудования;
- искры;
- неисправность запорной арматуры и отсутствие заглушек на аппаратах и трубопроводах;
- реконструкция установок с отклонением от технологических схем;
- самовозгорание промасленной ветоши и других легко-воспламеняющихся материалов.

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартами: ГОСТ 12.1.010-76 "Взрывобезопасность. Общие требования". Этими стандартами возможная частота пожаров и взрывов допускается такой, чтобы вероятность их возникновения в течении года не превышала 10^{-6} , в соответствии с изложенным в [26].

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Пожарная безопасность объекта регламентируется, строительными нормами и правилами, межотраслевыми правилами пожарной безопасности. Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защитой. Понятие профилактики включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предотвращения пожара или уменьшение его последствий. В сварочном производстве в цехах сборные конструкции выполняют из негорючего материала и трудногорючего. Здания в сварочном производстве относятся по второй степени огнестойкости сооружений к категории "Г" [26].

6.2 Экологическая безопасность

Окружающая нас природа изменяется в результате человеческой деятельности. С ростом объектов промышленного производства существенно изменяется состав атмосферы, существует опасность глобального потепления климата, разрушается озоновый слой.

Мероприятия по повышению экологической чистоты можно разделить на следующие группы:

- охрана и рациональное использование водных ресурсов;
- охрана и рациональное использование воздушного бассейна.

Первая группа мероприятий направлена на создание сооружений по очистке сточных вод, систем оборотного водоснабжения.

Вторая группа мероприятий связана с сооружением установок для электрической и химической очистки газов, с обработкой и внедрением пылеуловителей, утилизаторов отходов, а так же различного вида установок для вторичного использования отходов производства. Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудования, технология не должны в процессе эксплуатации вызывать вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтение должны отдаваться безотходным технологиям [26].

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Главная задача при чрезвычайных ситуациях – защита населения от возможных средств поражения. Выполнение этой задачи достигается укрытием населения в защитных сооружениях, эвакуацией из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

В современных условиях защита осуществляется путем проведения комплекса мероприятий включающих в себя три способа защиты:

- укрытие людей в защитных сооружениях;
- рассосредочения и эвакуация;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;

Радиоактивное заражение местности, воды и воздушного пространство возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Местность считается зараженной при уровне радиации от 0,5 р/час и выше. Заражение предметов, техники и кожных покровов человека измеряется в миллирентгенах в час. Характерной особенностью радиоактивного взрыва является то, что постоянно происходит спад радиации во времени вследствие распада радиоактивных веществ выпавших при ядерном взрыве. Заражения

человека радиоактивными веществами ведет к облучению, которое может вызвать лучевую болезнь.

На промышленных объектах здания могут обеспечивать частичную защиту от радиации в случае заражения местности и воздуха.

Предельно допустимая величина зараженности оборудования – 200млр./час [27]. При таком заражении можно пользоваться оборудованием, не подвергаясь опасности поражения.

Дезактивация – это удаление радиоактивных веществ с зараженных объектов, а так же очистка от радиоактивных веществ: воды, пищевых продуктов и т.д. Дезактивация проводится в тех случаях, когда степень заражения превышает допустимые пределы. Дезактивацию территории проводят следующими способами:

- сметанием радиоактивных веществ подметально-уборочными машинами с участков, имеющих стальное или бетонное покрытие;
- срезанием зараженного слоя грунта толщиной 5 - 10 см;
- засыпкой зараженных участков территории незараженным грунтом слоем 8 – 10 см;
- в зимнее время дезактивацию проводят, убирая снег и лед.

Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно – техническими приборами, а так же средствами очистки воздуха от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской сети. Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление. В мирное время предусматривается использование убежища под учебный пункт гражданской обороны. Перевод таких помещений на режим чрезвычайных ситуаций должен осуществляться в кратчайший срок [24].

8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования по охране труда при эксплуатации магистральных трубопроводов определяются законом «Об основах охраны труда в РФ», «Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов», другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» магистральный трубопровод и входящие в его состав объекты, относятся к опасным производственным объектам.

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к магистральным трубопроводам.

К работам по эксплуатации магистрального трубопровода допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Обслуживание и ремонт технических средств магистрального трубопроводов должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации. Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, был изменен процесс подготовки кромок с трех операций на одну, что позволило сократить время сборки стыка на 15 минут.

Была произведена замена формы разделки для сварки с С17 на зауженную разделку, при этом экономия наплавленного металла составляет 26 мм².

Для сварки корневого слоя шва методом STT была заменена проволока L56 на отечественную аналоговую проволоку Екатерина 70S-6.

В результате разработанных мероприятий был достигнут общий экономический эффект.

По затратам на сварку стыка по сравнению со старой технологией стык обходится дешевле на 54,5 руб с кг наплавленного металла. По результатам нормирования увеличивается общая производительность процесса за смену с 3,5 до 4,5 стыков. Общий годовой эффект экономии составляет 169222 руб.

Результаты работы в полной мере показывают перспективность развития данного направления и внедрения подобных установок при сварке трубопроводов.

Список используемой литературы

- 1 Геворкян В. Г. Основы сварочного дела- М.: Высшая школа, 1985.- 168с.
- 2 Журавлев В.Н., Николаева О.Н. Машиностроительные стали. Справочник. М.: Машиностроение, 1992.
- 3 Стеклов О. И. Основы сварочного производства - М.: Высшая школа, 1981.-160с.
- 4 Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов. - М.: Машиностроение, - 1977. - 432с.
- 5 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А.Ольшанского. 1978. 504с., ил.
- 6 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
- 7 Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432с. с ил.
- 8 <http://www.lincolnelectric.com>
- 9 Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
- 10СТТ 08.00-60.30.00-КТН-050-1-05 «Сварка при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов» Новая редакция ОАО «АК «Транснефть»;
- 11Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги - М.: Высшая школа, 1982.

12Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.

13Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.

14ВСН 006 - 89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов.

15ВСН 012 - 88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ.

16 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»

17 ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности

18 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

19 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение

20 ГОСТ 12.4.123-83 Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования

21 СН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях

22 Правила устройства электроустановок (ПУЭ)

23 ГОСТ 12.1.004 - 76 «Пожарная безопасность»

24 ГОСТ 12.1.010 - 76 «Взрывобезопасность. Общие требования»

25 СН-245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий

26 П-92-76 Строительные нормы и правила проектирования вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий

27 Санитарные правила по организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию № 1042-73

28 Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.

29 Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.

30 Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.

31 Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.

32 Охрана труда в машиностроении // Под ред. Е.Я. Юдина.- М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

33 Безопасность производственных процессов: справочник. С.В. Белов, В.Н. Бринза и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

34 А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз, 1962.

35 Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.

36 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.