

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Анализ способов сварки при строительстве РВС»

УДК 621.643.053:621.791.754:551.581.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Чужаков С.Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Веровкин А.В.	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шарф И.В.	к.э.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Крепша Н.В.	к.г.-м. н., доцент		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Когут С.В.	к.ф.н, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

Планируемые результаты обучения магистрантов

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК- 7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
Р2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы-в области интеллектуальной собственности</i>	ОК-1; ОК-2; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК- 5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
Р3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	ОК-1; ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК- 5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.</i>	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22;
Р5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20;
Р6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.</i>	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
Р7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве члена и <i>руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i>	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-8; ПК-23

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по литературным источникам; 2. Постановка задачи для исследования. Выбор рекомендуемых параметров сварки для механической и сварки под флюсом; 3. Анализ микроструктуры и свойств получаемых сварных соединений; 4. Расчет режима автоматической сварки 5. Формирование выводов о проделанной работе.
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Шарф Ирина Валерьевна, к.э.н., доцент кафедры экономики природных ресурсов
«Социальная ответственность»	Крепша Нина Владимировна, к.г.-м.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
The main methods of arc welding	Когут Светлана Валерьевна, к.ф.н., доцент кафедры иностранных языков

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
--

<p>Общие сведения о механической сварке и сварке под флюсом</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Веровкин А.В.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Чужаков Сергей Юрьевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

Уровень образования магистр

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2016	<i>Общие сведения о сварке, как процессе получения неразъемных соединений деталей</i>	
23.03.2016	<i>Технологии сварки в производстве РВС</i>	
24.04.2016	<i>Расчет режимов сварки сварки</i>	
07.05.2016	<i>Финансовый менеджмент</i>	
10.05.2016	<i>Социальная ответственность</i>	
14.05.2016	<i>Заключение</i>	
15.05.2016	<i>Презентация</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Веровкин А.В.	к.т.н, доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа Чужакова Сергея Юрьевича на тему «Анализ способов сварки при строительстве РВС».

Место дипломирования НИ ТПУ, ИПР, специальность 131000 «Нефтегазовое дело», руководитель Веревкин А.В.

Выпускная квалификационная работа 7 разделов, 82 страниц, 18 рисунков, 20 таблиц, 30 источников.

Ключевые слова: механическая сварка, сварка под флюсом, электроды, расчет, свариваемость, режим сварки.

Объектом исследования являются механический метод сварки и сварка под флюсом при строительстве РВС.

Цель работы – провести анализ существующих технологий двух методов сварки при строительстве РВС. Оценить структуру и свойства сварных соединений. Провести сравнительно-экономический расчет использования двух методов сварки, при строительстве РВС.

В процессе исследования работы были рассмотрены два метода сварки механический и под флюсом. Проведены расчеты и вычисления с целью сравнения наиболее выгодного метода сварки.

В результате исследования были представлены рекомендации механической сварки и сварки под флюсом, оценена структура и свойства получаемых сварных соединений, выявлены преимущества и недостатки данных методов сварки.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: технология и организация выполнения работ, подготовительные работы, проведение сварочных работ.

Экономическая эффективность/значимость работы стоимость строительства РВС диаметром 1220 мм с применением механической сварки и сварки под флюсом.

Дипломная работа выполнена с учетом требований современных нормативно-правовых документов.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftOfficeWord.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА			
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Веревкин А. В.					5	79
Консульт.								
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.						
						ТПУ ИПР гр. 2Б01		

ESSAY

Абсолютное задание 7 Секции, 82 Страницы, 18 Изображений, 20 Таблицы, 30 Источники.

Ключевые слова: механическое Сваривание, UP-Сваривание, Электроды, Расчет, Свариваемость, Режимы Сваривания.

Объект исследования являются механические методы сваривания и сваривание внахлест в строительстве ПБС.

Цель работы - анализ существующих технологий обеих методов сваривания в строительстве ПБС. Оценить структуру и свойства свариваний. Сравнить экономический расчет с использованием обеих методов сваривания в строительстве ПБС.

В процессе исследования с помощью двух методов механического сваривания и с помощью скрытого электродного сваривания. Расчеты и сравнение наиболее выгодных методов сваривания.

Исследование дает рекомендации по ручной свариванию и свариванию внахлест, оценивает структуру и свойства свариваний, идентифицирует преимущества и недостатки методов сваривания.

Основные конструктивные, технологические и технические и эксплуатационные характеристики: технология и организация работы, подготовительные работы, сваривания.

Экономичность / стоимость работ по строительству ПБС с диаметром 1220 мм с механическим свариванием и свариванием внахлест.

Работа удовлетворяет современным требованиям документов.

Абсолютное задание выполнено в текстовом редакторе MicrosoftOfficeWord.

					ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Вережкин А. В.				5	79
Консульт.					ТПУ ИПР гр. 2Б01		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.					
					Реферат		

Определения

В данной работе приведены следующие термины с соответствующими определениями:

Автоматическая дуговая сварка под флюсом —сварка электрической дугой, горящей между концом сварочной проволоки и свариваемым металлом под слоем флюса. Сварка под флюсом применяется в стационарных цеховых условиях для всех металлов и сплавов, включая разнородные металлы толщинами от 1,5 до 150 мм.

Сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве или пластическом деформировании или совместным действием того и другого.

Сварочный флюс — материал, используемый при сварке для защиты зоны сварки от атмосферного воздуха, обеспечения устойчивости горения дуги, формирования поверхности сварного шва и получения заданных свойств наплавленного материала. Например, при газовой и кузнечной сварке металлов широко используют такие компоненты, как бура, борная кислота, хлориды и фториды. Они образуют жидкий защитный слой, в котором растворяются оксиды, образующиеся на свариваемых поверхностях.

Резервуар вертикальный стальной (РВС) — вертикальная ёмкость, наземное объёмное строительное сооружение, предназначенное для приёма, хранения, подготовки, учёта (количественного и качественного) и выдачи жидких продуктов.

Вертикальные стальные резервуары изготавливают внутренним объёмом 100 — 120 000 м³, при необходимости их объединяют в группу резервуаров, сосредоточенных в одном месте, её называют «резервуарным парком».

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата	ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА			
Разраб.		Чужаков С. Ю			Определения	Лит.Ли	ЛистЛи	ЛистовЛист
Руковод.		Веревкин А. В.					6	79
Консульт.						ТПУ ИПР гр. 2Б01		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.						

Содержание

Раздел 1. Организационные, вспомогательные и основные мероприятия по сооружению резервуара вертикального стального объемом 5000 м ³	5
1.1. Организация рабочего места электросварщика (обслуживание рабочего места)	6
1.2. Технологическая последовательность проведения работ	7
Раздел 2. Материал. Оценка свариваемости	8
2.1. Понятие свариваемости	8
2.2. Влияние различных примесей на свариваемость сталей	9
2.3. Характеристика материала. Сталь 09Г2С	10
Раздел 3. Сварка стенок	11
3.1. Сварка порошковой проволокой	11
3.2. Сварка стенок резервуара под флюсом	12
3.1. Механизированная сварка	13
3.2. Дополнительное оборудование для производства процесса сварки	15
3.2.1. Баллоны с защитным газом	17
3.2.2. Подогреватель газа	19
3.2.3. Газовый редуктор	23
3.2.4. Расходомер	25
3.2.5. Расчет режима сварки	26
3.2.6. Выбор оборудования для производства процесса сварки	27
3.2.7. Выбор сварочного полуавтомата	28
Раздел 4. Описание метода сварки под флюсом для днища	
4.1. Сущность метода сварки под флюсом	30
4.2. Основные характеристики днища РВС	31
4.3. Расчет режима сварки	36
4.4. Выбор оборудования для производства процесса сварки	47

					ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Чужаков С. Ю			<i>Лит.Ли</i>	<i>ЛистЛи</i>	<i>ЛистовЛист</i>
<i>Руковод.</i>		Вережкин А. В.			6		79
<i>Консульт.</i>					ТПУ ИПР гр. 2Б01		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А. В.					
					Оглавление		

Раздел 5. Анализ применяемых методов сварки.	48
5.1. Анализ сварки под флюсом.	49
Раздел 6. Экономические затраты на проведение сварочных работ	51
6.1. Расход сварочных материалов при механической сварке	53
6.2. Затраты на материалы механической сварке	55
6.3. Расход сварочных материалов при сварке под флюсом	57
6.4. Затраты на материалы при сварке под флюсом	59
6.5. Затраты на оплату труда	61
7.1.3 Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне	66
7.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	67
7.2.2 Опасные факторы термического характера	68
7.2.3 Опасные факторы электрической природы	69
7.2.4 Опасные факторы пожарной природы	71
7.3 Воздействие на окружающую среду	73
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	75
7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
Заключение	80
Список используемой литературы	81

Введение

Стремительный рост нефтегазопромышленности требует соответствующего развития резервуаростроения. Многообразие нефтегазопродуктов, с учетом их свойств и особенностей условий хранения, обязывают иметь емкости разных типов и назначений, удовлетворяющих экономическим, рациональным и комфортабельным потребностям при эксплуатации.

Современные рациональные методы хранения разработаны с целью сохранить качество нефтегазопродуктов и предотвратить порчу и их потери при хранении. Именно поэтому важно выбрать наиболее эффективные методы производства конструкций резервуаров имеет важное практическое значение.

Выбор наиболее оптимального типа сварки при производстве резервуаров по технологическим характеристикам, стоимость их изготовления, были и остаются важными вопросами.

В данном дипломном проекте рассматриваются организационные основные и вспомогательные мероприятия по строительству вертикального стального резервуара объемом 5000 м³. Так же проведено сравнение использования двух методов сварки – механическая сварка и сварка под флюсом. Проведены расчеты и вычисления, на основании которых определен наиболее выгодный метод сварки.

					ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Вережкин А. В.				8	79
Консульт.					ТПУ ИПР гр. 2Б01		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.					

Раздел 1. Организационные основные и вспомогательные мероприятия по строительству вертикального стального резервуара объемом 5000 м³

Подготовка к строительству резервуара производится в соответствии с требованиями. Определяется состав и содержание проекта производственных работ. Проект определяет технологию, сроки выполнения и порядок обеспечения необходимыми ресурсами. Разработками проектов производственных работ занимаются специализированные организации по заказу монтажных организаций или сами монтажные организации.

Строительные работы должны быть произведены в полном соответствии с требованиями принятого проекта производственных работ, а также, в соответствии с существующими нормативами и технической документацией.

В процессе подготовки выполняются следующие мероприятия:

- организовать надежную связь с подрядчиком;
- собрать комплект оборудования и материалов согласно проекту;
- организовать устройство временных бытовых и производственных помещений;
- перебазировать машины и механизмы;
- обеспечить персонал ремонтной оснасткой, инструментами и прочими необходимыми вспомогательными материалами;
- обеспечить объект электроэнергией, водой;
- устроить освещение зоны производства работ и внутренней полости резервуара;
- подготовить резервуар к ремонту (освобождение от нефти, очистка и дегазация);
- обеспечить зону производства работ первичными средствами пожаротушения;
- поставить инвентарные металлические леса и подмосты.

					ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Организационные, вспомогательные и основные мероприятия по сооружению резервуара	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Вережкин А. В.					9	79
Консульт.						ТПУ ИПР гр. 2Б01		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.						

1.1 Организация площадки под строительство

Следует предусматривать подъезд к резервуару. Минимальная ширина одного проезда — 6,0 м.

Для обеспечения возможности свободного подъезда монтажной техники и автотранспорта, осуществляющего транспортировку материалов и оборудования к резервуару, строительная площадка организуется по следующим параметрам:

- создание временных подъездов для проезда механизмов и транспортировки металлоконструкций;
- планирование и уплотнение площадки у основания для работы подъемных механизмов и прочей техники;
- устройство площадки под установку распределительных щитов подвода электроэнергии для освещения, обеспечить работу сварочного оборудования и механизированного инструмента, а так же грузоподъемных механизмов;
- установка предупредительных знаков «Огневые работы» и «Опасно»;
- доставка и размещение на предварительно подготовленной площадке необходимых материалов, механизмов, приспособлений, конструкций.

Прежде чем приступить к работам по сооружению резервуара, организация занимающаяся эксплуатацией, передает сведения о всех коммуникациях, расположенных в зоне производства работ и сдает их по акту исполнителю производственных работ. Установка рядом с технологическим оборудованием монтажных автомобильных кранов производится с учетом эксплуатационных размеров крана, обеспечивая безопасность монтажного процесса.

Во время проведения подготовительных работ на рабочем месте, исполнитель и эксплуатирующая организация оборудуют места пожарных постов, обеспеченные пожарным инвентарем для тушения пожара.

					<i>Организационные, вспомогательные и основные мероприятия по сооружению резервуара</i>	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Последовательность технологии проведения работ

Последовательность технологии проведения работ состоит из следующих действий:

- устроить проезд строительной-монтажной техники к резервуару;
- устроить площадку для резки монтируемых листов;
- подготовить площадку для складирования;
- устроить распределительные щиты и временную электропроводку для обеспечения работы сварочного, электро- и прочего оборудования;
- устроить площадки для предварительного подогрева и дальнейшего загибания листов;
- выполнить монтаж стенки;
- устроить гидроиспытание;
- выполнить антикоррозионное покрытие поверхностей РВС (наружное и внутреннее);
- выполнить наружную и внутреннюю покраску.

					<i>Организационные, вспомогательные и основные мероприятия по сооружению резервуара</i>	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Раздел 2. Материал. Оценка свариваемости

2.1 понятие свариваемости

Свариваемость – способность металла образовывать качественные сварные соединения, удовлетворяющие эксплуатационным требованиям конструкции.

Свариваемость является одной из наиболее важных технологических характеристик, по которой оценивают пригодность металла для изготовления конструкций. Свариваемость материалов характеризуется двумя параметрами: пригодностью к сварке и надежностью сварного соединения.

Соответствующее определение этого понятия свариваемости дано в ГОСТ 29273-92 (ИСО 581-80): «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, чтобы свариваемые детали отвечали техническим требованиям, как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют».

Различают технологическую и физическую свариваемость.

Физическая свариваемость металлов – свойство материалов давать монолитное соединение, т.е. способность их к взаимной кристаллизации с образованием твердых растворов, химических соединений и мелкодисперсных смесей фазовых составляющих (эвтектик). Эти процессы происходят на границе основного и наплавленного металла и характеризуют свариваемость с точки зрения возможности образования металлической связи и принципиальной возможности получения неразъемных сварных соединений. Физическая свариваемость материалов зависит от степени их растворимости друг в друге в жидком и твердом состояниях.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Вережкин А. В.				21	79
Консульт.					ТПУ ИПР гр. 2Б01		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.					
					Сварка		

Материалы, нерастворимые в жидком состоянии, не способны образовывать монолитные соединения, т. е. не обладают физической свариваемостью, например железо и свинец и некоторые другие металлы. Материалы, растворимые в жидком состоянии, имеют различную степень свариваемости в зависимости от степени растворимости в твердом состоянии, которая в первом приближении определяется относительной разницей радиусов их атомов

Технологическая свариваемость металлов – технологическая характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать неразъемное сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами с наименьшими затратами. То есть она отражает технологическую реакцию материала на тепловое, силовое и металлургическое воздействие сварки.

Технологическая свариваемость металлов и их сплавов зависит от следующих свойств металла:

- химическая активность металлов;
- степень легирования;
- структура и содержание примесей.

Свариваемость металла зависит от его химических и физических свойств, типа кристаллической решетки, степени легирования, наличия примесей и ряда других факторов. Чем металл химически активнее, тем выше его вероятность взаимодействия с окружающей средой (окисление). Следовательно, должно быть обеспечено высокое качество защиты и возможность металлургической обработки при сварке.

Свариваемость сталей оценивается по следующим показателям:

- склонность металла шва к образованию горячих и холодных трещин;
- склонность к изменению структуры в околошовной зоне и к образованию закалочных структур;

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- физико-механические качества сварного соединения (прочность, пластичность, ударная вязкость и т.п.);
- соответствие специальных свойств сварного соединения требованиям технических условий на конструкцию (коррозийная стойкость, жаростойкость, жаропрочность, сопротивление хрупкому разрушению при низких температурах и т.п.).

2.2 Влияние различных примесей на свариваемость сталей

Основные легирующие примеси влияют на свариваемость сталей следующим образом:

- углерод (С) – одна из важнейших примесей, определяет прочность, пластичность, закаливаемость и другие характеристики стали. Содержание углерода до 0,25% не ухудшает свариваемость. Более высокое содержание углерода приводит к образованию закалочных структур в металле зоны термического влияния и появлению трещин;

- сера (S) и фосфор (P) относятся к вредным примесям. Повышенное содержание серы способствует образованию горячих трещин – красноломкость, а присутствие фосфора вызывает хладноломкость. Поэтому содержание серы и фосфора в низкоуглеродистых сталях ограничивается 0,4-0,5%;

- кремний (Si) присутствует в сталях в количестве до 0,3% в роли раскислителя. Такое содержание кремния не оказывает снижения свариваемости стали. В качестве легирующего элемента при содержании кремния до 0,8-1,0% возможно образование тугоплавких оксидов кремния, ухудшающих свариваемость стали;

- марганец (Mn) содержащийся в стали до 1,0% не затрудняет процесс сварки. В случае, если содержание марганца в стали составляет 1,8-2,5% может

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

быть образование закалочных структур и трещин в металле зоны термического влияния;

- хром (Cr) в низкоуглеродистых сталях содержится в количестве до 0,3%. в низколегированных сталях содержится в количестве от 0,7% до 3,5%. При сварке хром образует карбиды, которые ухудшают коррозионную стойкость стали. Хром является причиной образования тугоплавких оксидов, которые затрудняют процесс сварки;

- никель (Ni) аналогично хрому содержится в низкоуглеродистых сталях в количестве до 0,3%. В низколегированных сталях его содержание возрастает до 5%, а в высоколегированных – до 35%. Никель увеличивает прочность и пластику стали, оказывает положительное влияние на свариваемость;

- ванадий (V) в легированных сталях содержится в количестве 0,2-0,8%. Способствует повышению вязкости и пластичности стали, улучшает ее структуру, способствует повышению прокаливаемости;

- молибден (Mo) в сталях содержится в количестве до 0,8%. В таком количестве он положительно влияет на прочность стали и измельчает ее структуру. Однако при сварке способен выгорать, и образовывать трещины в наплавленном металле;

- титан и ниобий (Ti и Nb) в коррозионностойких и жаропрочных сталях содержатся в количестве до 1%. Они снижают чувствительность стали к межкристаллитной коррозии, но ниобий в сталях способствует образованию горячих трещин;

- медь (Cu) содержится в сталях как примесь (в количестве до 0,3% включительно), как добавка в низколегированных сталях (0,15 до 0,5%) и как легирующий элемент (до 0,8 - 1%). Она способствует повышению коррозии стали, не ухудшая свариваемости.

По признаку свариваемости все стали условно делятся на 4 группы:

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Хорошо сваривающиеся, у которых эквивалентное содержание углерода (C) не превышает 0,25. Эти стали не дают трещин при сварке обычным способом, т. е. без предварительного и сопутствующего подогрева и последующей термообработки;

2. Удовлетворительно сваривающиеся, у которых находится в пределах 0,25—0,35; они допускают сварку без появления трещин, только в нормальных производственных условиях, т. е. при окружающей температуре выше 0°C, отсутствии ветра и пр. К этой же группе относят стали, нуждающиеся в предварительном подогреве или последующей термообработке для предупреждения образования трещин при сварке в условиях, отличающихся от нормальных (температура ниже 0° С, ветер и др);

3. Ограниченно сваривающиеся, у которых находится в пределах 0,35—0,45; они склонны к образованию трещин при сварке в обычных условиях. При сварке таких сталей необходима предварительная термообработка и подогрев. Большинство сталей этой группы подвергают термообработке и после сварки;

4. Плохо сваривающиеся, у которых выше 0,45; такие стали склонны к образованию трещин при сварке.

2.3 Характеристика материала. Сталь 09Г2С

Для изготовления заменяемых элементов конструкции резервуара вертикального стального объемом 10000 м³ и монтажных приспособлений при ремонте применять низколегированную сталь марки 09Г2С, поставляемую по ГОСТ 19282-73 или по ТУ 14-1-3023-80 для ремонта днища, стенки резервуара, трубопроводов обвязки.

Химический состав и механические данной стали представлены в таблице 1 и 2.

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сталь 09Г2С применяется: для изготовления корпусов аппаратов, днищ, емкостного оборудования, фланцев и других сварных деталей, работающих под давлением при температурах от минус 40°С до плюс 475°С; деталей и элементов с расчётной температурой среды не выше плюс 350°С при рабочем давлении менее 2,2 МПа (22 кгс/см²); электросварных прямошовных труб группы прочности К52 для строительства газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов; прямошовных электросварных экспандированных труб, предназначенных для строительства трубопроводов высокого давления.

Свариваемость стали может быть оценена по эквиваленту углерода, который определяется по формуле [5]:

$$C_9 = C + \frac{Mn}{30} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V + B}{10}, \quad (1)$$

где символ каждого элемента означает его процентное содержание в стали.

$$C_9 = 0.12 + \frac{1.5}{30} + \frac{0.30}{15} + \frac{0.30}{10} = 0.22\%.$$

Поскольку C_9 оказалось меньше 0,45 %, то эту сталь относят к 1^{ой} группе – хорошая свариваемость, поэтому технология сборки и сварки данной марки стали не требует предварительного и сопутствующего подогрева, а также без последующей термообработки.

Таблица 1 - Механические свойства стали 09Г2С

Марка стали	Твердость, НВ	Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относ. Удлинение δ_5 , %
09Г2С	126	430-490	325	21

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2 - Химический состав стали 09Г2С

Марка стали	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	P, %	S, %	N, %	As, %
09Г2С	≤0.1 2	0.50- 0.80	1.30- 1.70	0.30	0.30	0.30	0.035	0.040	0.012	0.0 8

Таблица 3 – Температура критических точек стали 09Г2С

Ac₁	Ac₃	Ar₁	Ar₃
725	860	625	780

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Раздел 3. Сварка

Сварка - это процесс получения неразъемных соединений с помощью установления межатомных связей между объединенными частями под отопление и (или) пластической деформации.

Для получения сварного соединения не требует каких-либо специальных соединительных элементов (заклепки, плиты и т.д.). Образование постоянного подключения к ним предусмотрено проявления внутренних сил системы. Когда это происходит формирование отношений между атомами металлов соединяемых деталей. Для сварных соединений характеризуется появлением металлическая связь, причиненный в результате взаимодействия ионов и общалась электронов.

Для получения сварного соединения слишком простой контактные поверхности соединяемых деталей. Склеивание может быть установлен только при подключении атомов получить дополнительную энергию, необходимую для преодоления существующих между ними некий энергетический барьер. Таким образом, атомы достижения равновесия в действии сил и отталкивания. Эта энергия называется энергией активации. При сварке он привнесен извне на отопление (тепловой активации) или пластической деформации (механической активации).

Конвергенция свариваемых частей и приложения энергии активации-это необходимые условия для формирования основных сварных соединений.

В зависимости от типа активации при установлении соединений бывают двух видов сварки:

- сварка плавлением;
- сварка давлением.

Во время сварки плавлением подробности, связанные края *upravlyaut* под действием источника тепла. Расплавленная поверхность ребер с дополнительными присадочного металла (в случае необходимости), в виде

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

жидкости сварки бассейн. После охлаждения сварочной ванны жидкого металла затвердевает и образует сварного шва.

Сущность сварки давлением состоит в непрерывной и прерывистой совместная пластическая деформация материала на кромок свариваемых деталей. Вследствие пластической деформации и течения металла содействовал созданию атомной облигаций соединяемых частей. Чтобы ускорить процесс сварки давлением с подогревом. В некоторые способы сварки давлением отопление может состояться до плавления металла свариваемых поверхностей.

Сварка стенок резервуара объемом 5000 м³ будет механизированной сварки в защитных газах, а этот тип сварки для указанного процесса является самым качественным и надежным. Кроме того, механизированной сварки в углекислом газе имеет высокую эффективность, низкая стоимость, высокое качество защиты. При использовании этого типа сварки значительно снижается околошовной зоны. Механизированная сварка в углекислом газе, позволяет проводить сварочные работы на любой угол в пространстве и вес, более эффективный ручной сварки в 2-3 раза. Сам сварочный шов, более устойчивы к деформации и внутренние напряжения. Сварочное механическое, в отличие от автоматического гораздо быстрее и проще, что дает сварщик свободы при перемещении между узлами структуры. Стоит также отметить, что работник имеет возможность контролировать направление дуги для сварки шва.

3.1 Сварка порошковой проволокой

Порошковая проволока — это непрерывный электрод, состоящий из металлической оболочки и находящегося в ней порошкового сердечника.

Оболочкой в большинстве проволоки для сварки и наплавки сталей, сплавов и чугуна, служит холоднокатаная лента толщиной 0,2—0,8 мм из низкоуглеродистой стали, с высокой, необходимой для формирования и волочения проволоки пластичностью. Во время процесса изготовления

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

порошковой проволоки для сварки и наплавки цветных металлов используют ленту из металла соответствующего состава.

Сварка порошковой проволокой выполняется на том же оборудовании, что и сварка проволокой сплошного сечения. Сокращенное наименование этого процесса, принятое за рубежом - FCAW (Flux Cored Arc Welding).

Порошковая проволока представляет собой трубку из нелегированной стали, которая заполняется порошком (флюсом). Конструкция некоторых типов порошковых проволок представлена ниже.

Каждому типу порошковой проволоки соответствует свой состав флюса. Через флюс можно влиять на характеристики дуги и переноса электродного металла, а также изменять металлургические особенности формирования сварного шва. Благодаря этому возможно преодолеть некоторые недостатки, сопровождающие процесс сварки МАГ проволокой сплошного сечения. Так например, порошковая проволока делает возможным ввод через флюс в металл шва легирующих элементов, что невозможно в случае использования проволоки сплошного сечения, из-за ухудшения характера волочения.

Газовая защита при сварке FCAW, как правило, обеспечивается за счет газа, подаваемого из вне (Gas-shielded FCAW - FCAW-G). Однако, были разработаны проволоки, в которых при нагреве образуется достаточный объем защитного газа от разложения флюса; этот процесс, так называемый процесс сварки самозащитной порошковой проволокой (Self-shielded FCAW - FCAW-S).

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Химический состав наплавленного металла основных порошковых проволок ЭСАБ (в процентах)

Марка	Ma	C	Mn	Si	Cr	Mo	P
							max
6201	PZ 0.10	0.06- 0.10	0.75- 1.20	0.30- 0.50	0.50- 1.10	0.40- 0.70	0 .020
6202	PZ 0.10	0.06- 0.10	0.75- 1.20	0.30- 0.50	0.40- 0.65	0.020	0 .020
6203	PZ 0.10	0.06- 0.10	0.75- 1.20	0.30- 0.50	2.00- 2.50	0.90- 1.20	0 .020
6204	PZ 0.10	0.06- 0.10	0.50- 1.00	0.30- 0.50	4.00- 6.00	0.45- 0.65	0 .020
6205	PZ 0.10	0.06- 0.10	0.75- 1.20	0.30- 0.50	1.00- 1.50	0.40- 0.65	0 .020

Функции флюса сердечника порошковой проволоки

Состав флюса разрабатывается соответственно области применения порошковой проволоки. Основная функция флюса заключается в очистке металла шва от таких газов как кислород и азот, которые отрицательно влияют на механические свойства шва. Чтобы снизить содержание кислорода и азота в металле шва во флюс проволоки добавляется кремний и марганец, так называемые раскислители, они способствуют улучшению механических свойств металла. Такие элементы как кальций, калий и натрий вводят во флюс с целью получения от шлака свойств, способствующих улучшению защиты расплавленного металла от воздействия атмосферного воздуха при кристаллизации металла.

Шлак оказывает следующие действия:

- формирует поверхность шва требуемого профиля;
- удерживает ванны расплавленного металла при сварке в вертикальном и потолочном положениях;
- снижает скорость остывания металла сварочной ванны.

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Кроме того, калий и натрий способствуют получению более мягкой (стабильной) дуги и снижают разбрызгивание.

Легирующие элементы.

Легирование металла шва через флюс порошковой проволоки считается более предпочтительным если сравнивать с легированием металла шва через проволоку сплошного сечения (вводить в сердечник порошковой проволоки легирующие компоненты технически проще и гораздо дешевле, чем изготавливать проволоку сплошного сечения из легированного металла). Как правило, используют следующие легирующие элементы: молибден, хром, никель, углерод, марганец и др. Добавление этих элементов в металл шва повышает прочность, пластичность и предел текучести, способствует улучшению свариваемости металла.

Состав флюса является определяющим в выборе порошковой проволоки рутилового или основного типа (аналогично с покрытыми электродами).

Применяются и порошковые проволоки с повышенным содержанием металлического порошка (металл–корд). Во флюсе порошковых проволок этого типа содержится большое количество железного порошка, и такие добавки как кремний и марганец, которые обычно содержатся в проволоках сплошного сечения. Некоторые проволоки содержат до 2% никеля, при низких температурах никель повышает ударную вязкость.

Тип проволоки металл–корд применяется для сварки стыковых и угловых швов во всех положениях относительно пространства. Этот тип обеспечивает высокую производительность наплавки. Сварной шов имеет гладкую поверхность и не покрыт шлаком, что означает - можно выполнить несколько проходов без предварительной очистки предыдущего валика.

Преимущества сварки порошковой проволокой

Возможность ведения процесса сварки на токе высокой плотности позволяет использовать для повышения производительности расплавления не

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

только теплоту дуги, но и теплоту, выделяемую в оболочке проволоки проходящим по ней током большой плотности. Этот дополнительный подогрев металлической оболочки обеспечивает увеличение объема расплавляемой оболочки. Наличие в сердечнике порошковой проволоки наряду с защитными компонентами дополнительного количества железа в виде железного порошка, еще больше увеличивает количество металла, расплавляемого в единицу времени. Все эти факторы позволяют обеспечить высокую производительность расплавления порошковых проволок, достигающую 10 - 11 кг/ч при токах 400 - 500 А. Обеспечение высокой производительности является одним из главных преимуществ сварки порошковой проволокой. Использование в качестве компонентов шихты порошков из различных материалов дает широкую возможность применять составы порошковых сердечников и создавать такие смеси электродного материала, которые чрезвычайно трудно, а иногда и просто невозможно получить другими техническими способами. Так, введение в сердечник порошковой проволоки значительных количеств хрома, никеля, молибдена и других элементов обеспечивает такой химический состав наплавленного металла, который чрезвычайно трудно получить обычным металлургическим путем. Поэтому порошковая проволока нашла широкое применение при проведении наплавочных работ. Одной из основных проблем при сварке и наплавке порошковой проволокой является обеспечение защиты зоны сварки от взаимодействия с воздухом.

Недостатки сварки порошковой проволокой

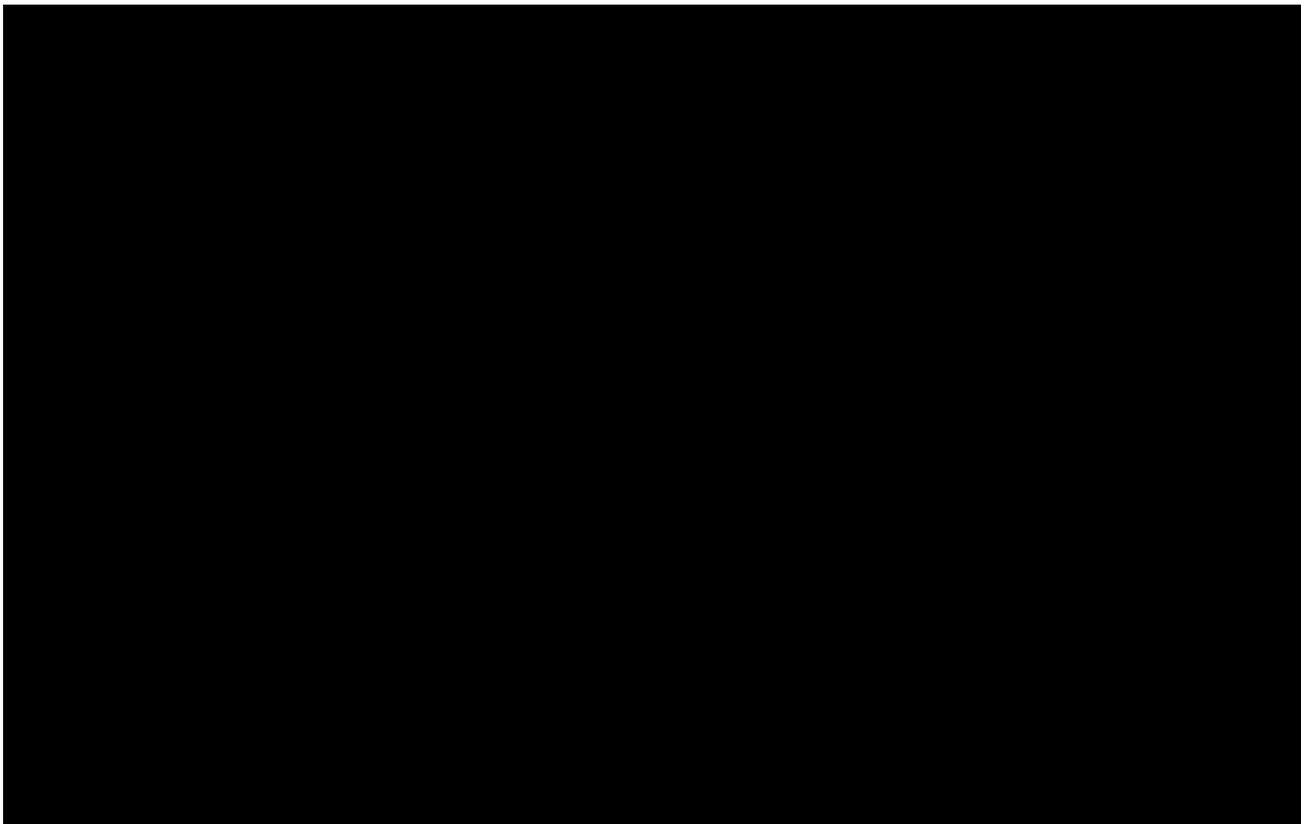
Сварка порошковыми проволоками имеет свои недостатки. Малая жесткость трубчатой конструкции порошковой проволоки требует применения подающих механизмов с ограниченным усилием сжатия проволоки в подающих роликах. Выпуск порошковой проволоки в основном диаметром 2,6 мм и более, требуя применения для устойчивого горения дуги

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

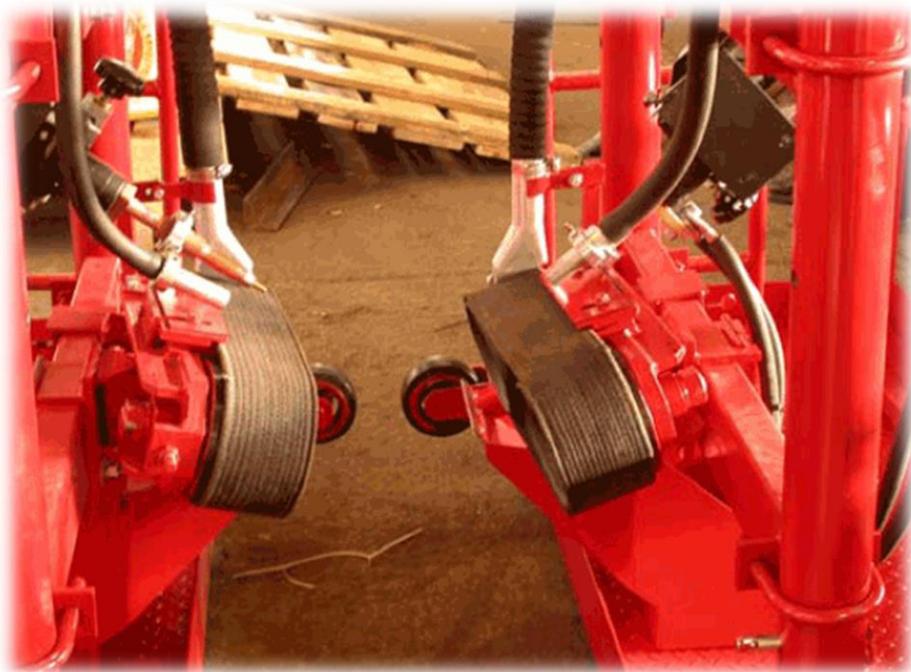
повышенных сварочных токов, позволяет использовать их для сварки только в нижнем и редко в вертикальном положении. Это объясняется тем, что образующаяся сварочная ванна повышенного объема, покрытая жидкотекучим шлаком, не удерживается в вертикальном и потолочном положениях силой поверхностного натяжения и давлением дуги.

3.2 Сварка стенок резервуара под флюсом

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.1 Механизированная сварка

В механизированной сварки с помощью специальных сварочных машин, позволяющих питания сварочной проволоки, как движение вдоль оси шва выполняется вручную. Такие устройства называются полуавтоматы для дуговой сварки.

- Единицы классифицировать по различным критериям:
средствами защиты зоны сварки для сварки под флюсом и в среде защитных газов, откройте дуги;
- методом дуговой управления используется в основном машины с саморегулированием дуги;
- по типу проволоки, используемой находится в твердом, порошкообразном или комбинации;
путем подачи проволоки - проталкивания тянущего и
- комбинированного типа;
- дизайн - стационарных, мобильных и портативных RSS устройства.

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Общая схема полуавтоматической сварки в среде защитных газов приведена на рисунке 1.

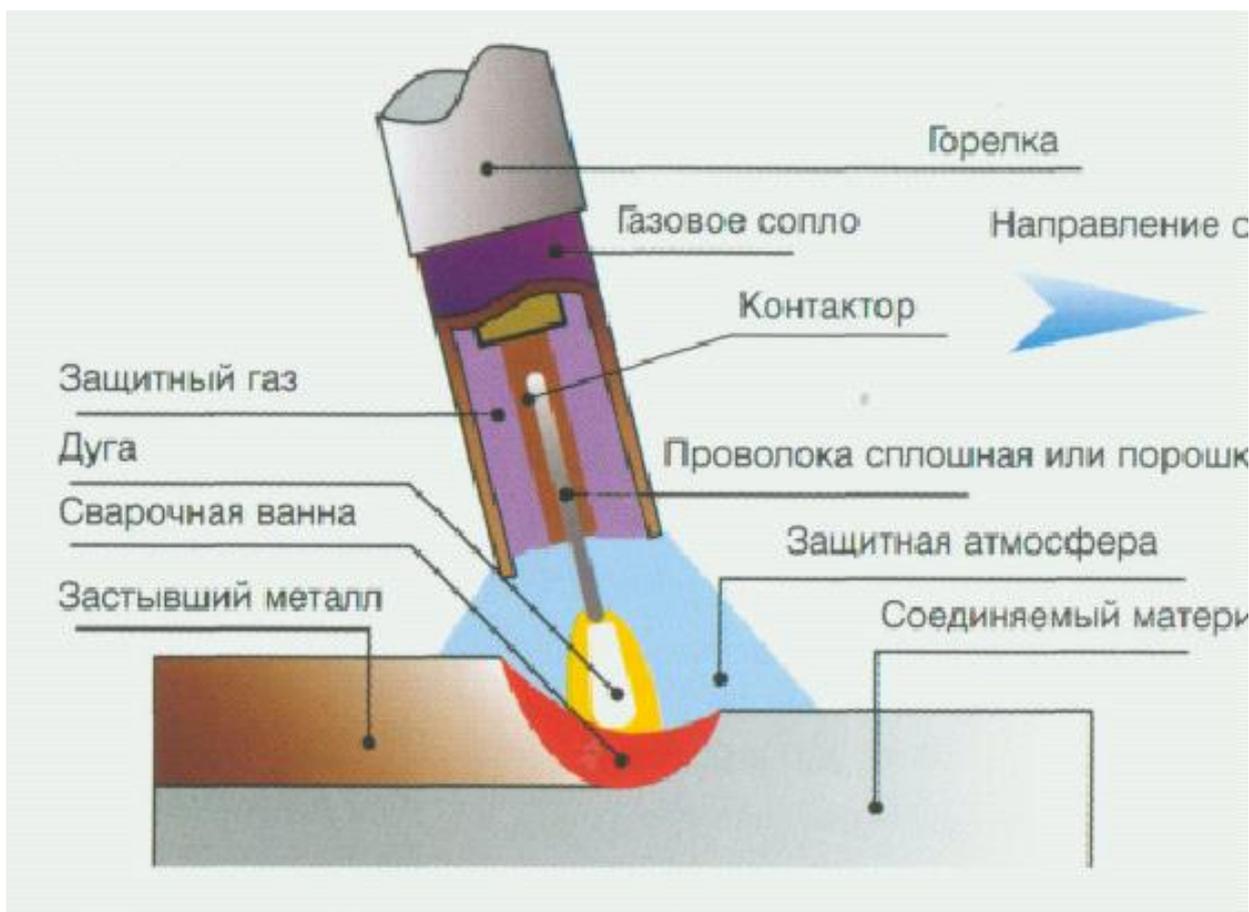


Рисунок 1 – Схема полуавтоматической сварки в среде защитных газов

Для сварки выпускают полуавтоматы, рассчитанные на номинальные токи 150–600 А, для проволоки диаметром 0,8–2,6 мм со скоростями подачи 1,0–17,0 м/мин. В комплект полуавтоматов обычно входят: подающее устройство с кассетами для электродной проволоки, шкаф управления, сварочные горелки, провода для сварочной цепи и цепей управления, газовая аппаратура.

В механизированной сварки сварочной головки часто разделяется на две части - механизм подачи и владельца (при сварке в защитных газах и сварочной горелки), соединенных между собой гибким шлангом. Эти телефоны иногда

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

называют шланг. В полуавтоматы, станки позволяют совместить преимущества автоматической сварки гибкость и ловкость руководство. Типовая схема полуавтоматической аппарата показан на рисунке 2.

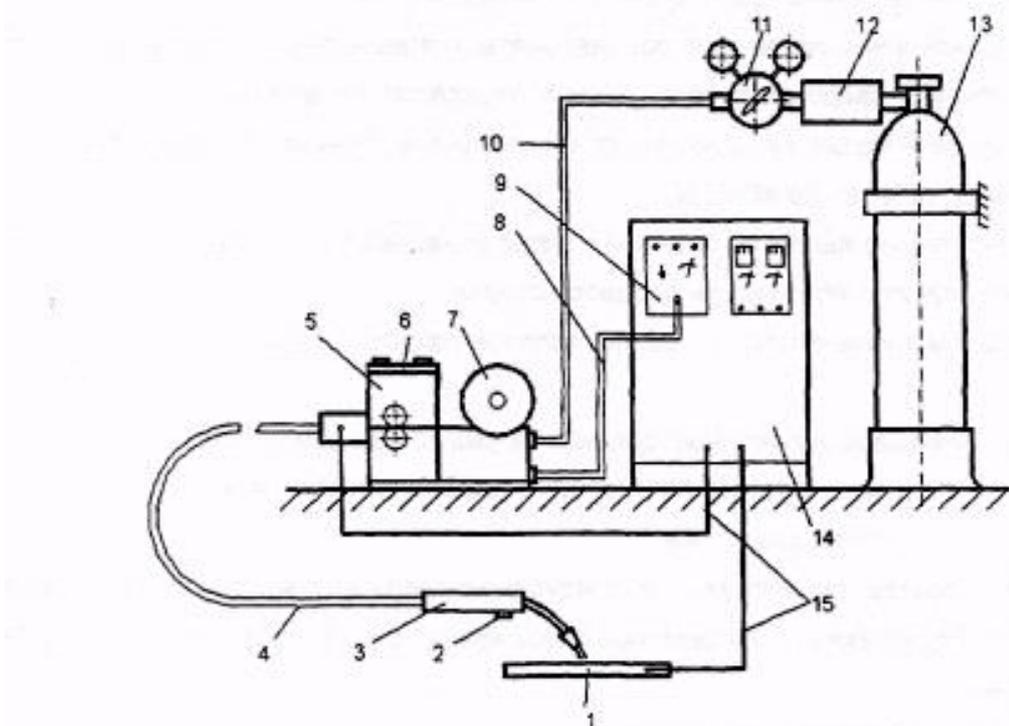


Рисунок 2 – Установка для дуговой механизированной сварки в CO₂: 1 - изделие; 2 - кнопка "Пуск"- "Стоп"; 3 - горелка; 4 - гибкий шланг; 5 - механизм подачи электродной проволоки; 6 - пульт управления; 7 - катушка; 8 - кабель цепей управления; 9 - блок управления по луавтоматом; 10 - шланг для подачи защитного газа; 11 - газовый редуктор; 12 - подогреватель CO₂; 13 - баллон с CO₂; 14 - сварочный выпрямитель.

Наиболее важным элементом полуавтомата является механизмом подачи проволоки. Обычно он состоит из электродвигателя, редуктора и системы подачи и давления роликов. Механизм обеспечивает подачи электродной проволоки по гибкому шлангу в зону сварки. Привод может использоваться двигателя переменного или постоянного тока. Скорость подачи в первом случае изменение скорости переключения передач, второй - плавное регулирование за счет изменения частоты вращения двигателя.

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Конструктивный дизайн механизма зависит от назначения машины. В полуавтоматы для сварки большого диаметра механизма подачи проволоки, размещенные на тележку и размещена в отдельном здании. В полуавтоматы, станки с малого диаметра провода установлен в ноутбук дела и расположен непосредственно на корпусе держателя.

Наиболее широко полу push-типа. Механизм подачи обеспечивает провод, вставив его через гибкий шланг к горелке. Устойчивое представление в этом случае возможен при достаточной жесткостью электродной проволоки.

В полуавтоматическом диск-Тип устройства подачи или подающих роликов, размещенных в горелке. В этом случае провод тянулся через шланг. Такая система обеспечивает стабильные поставки мягкой и тонкой проволоки. Есть машины с двух синхронно работающих механизмов подачи занимается одновременно толкать и тянуть провод через шланг (вывод-push-типа).

Гибкий шланг предназначен для подачи электродной проволоки, сварочного тока, защитный газ, а иногда и воды для охлаждения горелки. Для этой цели применяют проволоки для рукавов специальной конструкции (рис. 3).

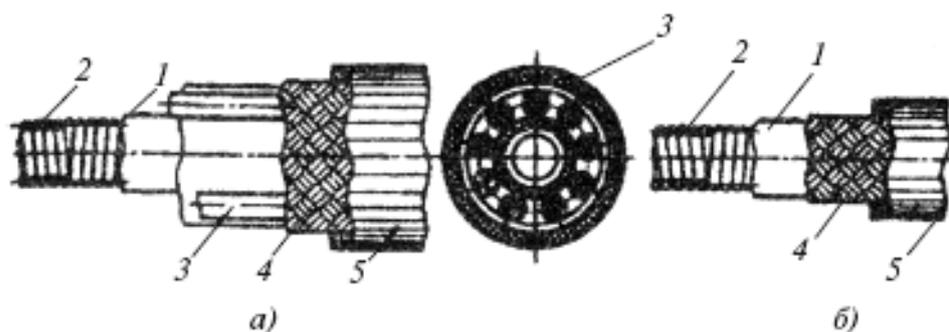


Рисунок 3 – Конструкции гибких шлангов: а – типа КШПЭ; б – КМ; 1 – защитный слой; 2 – направляющий канал; 3 – провода цели управления; 4 – внутренняя защитная оболочка; 5 – наружный защитный слой

Внутри провод для направления провод, спиральный, изолированные от проводящих частей бензина-упорный изоляции. Вместе с токоведущие части

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

размещенной изоляции проводников в цепях управления. Провода, заключенная в оплетка хлопка и покрыт резиновой изоляцией. Применить и композитные шланги, состоящий из нескольких трубок и проводов для электроэнергии, газа и воды.

Сварочные горелки предназначены для питания для сварки электродной проволокой, сварочного тока и защитного газа или потока, а также вручную переместить и управлять сварочным процессом. Таким образом, сварщика, держатель держит в руке, и перемещает его по шву. Быстро изнашивающихся частей владельца (при сварке в защитных газах - горелки) токоподводящего наконечника и газа насадки изготовлены из меди.

Сварочная дуга называется мощный, давно существующим электрическим разрядом под напряжением между электродами в смеси газов и паров. АРК характеризуется высокой температуры и плотности тока. Сварочная дуга, как потребителя энергии и источник питания дуги (сварочный трансформатор, генератор или выпрямителя) формы взаимно связанных с энергетической системы.

Различают два режима работы этой системы:

1) статический, когда величины напряжения и тока в системе в течение достаточно длительного времени не изменяются;

2) переходной (динамический), когда величины напряжения и тока в системе непрерывно изменяются. Однако во всех случаях режим горения сварочной дуги определяется током, напряжением, величиной промежутка между электродами (так называемым дуговым промежутком) и связью между ними.

В дуговом промежутке (l) (рис. 4, а) различают три области: анодную, катодную и столб дуги. Падение напряжения в анодной и катодной областях постоянно для данных условий сварки. Падение напряжения в единице длины столба дуги — также величина постоянная. Поэтому зависимость напряжения дуги от ее длины имеет линейный характер (рис. 4, б).

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Строение и свойства электрической сварочной дуги

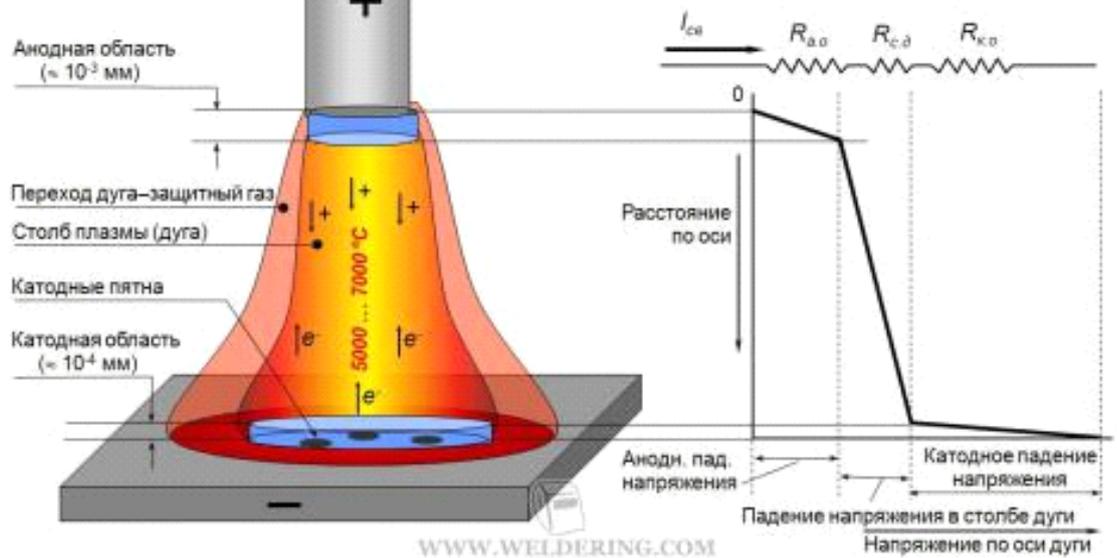


Рис.4

В качестве защитного газа был выбран углекислый газ, так как качество сварного соединения при сварке в углекислом газе очень высоко. Также, углекислый газ выгодно использовать с экономической точки зрения, так как его цена на порядок ниже цены других защитных газов.

3.2 Дополнительное оборудование для производства процесса сварки

Так как процесс сварки будет происходить в среде защитных газов, то сварочный пост необходимо обеспечить комплектом соответствующей аппаратуры, в который входят:

- баллон с защитным газом(CO₂);
- подогреватель газа;
- редукторы с манометрами или расходомерами для точной дозировки газа;
- расходомер.

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.2.1 Баллоны с защитным газом

Баллоны предназначены для хранения и транспортировки защитных газов. Все газы находятся в баллонах в сжатом состоянии, под высоким давлением, кроме углекислого газа, который содержится в виде углекислоты в жидком состоянии.

Баллоны представляют собой стальные цилиндрические сосуды, в горловине которых имеется конусное отверстие с резьбой, куда ввертывается запорный вентиль. На горловину плотно насаживают кольцо с наружной резьбой для навёртывания предохранительного колпака, который служит для предохранения вентиля баллонов от возможных ударов при транспортировке.



Рисунок 5 – Схема баллона с углекислым газом

В зависимости от вида газа в цилиндре баллонах, окрашенных снаружи в цвет кодирования и соответствующей каждому газа краской наносят наименование газа. Например, кислородные баллоны окрашены в синий цвет и сделать надпись черной краской, водород - в темно-зеленой и красной краской,

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ацетилен в белой и красной краской, пропан - в красной и белой краской, аргон - серой краской. На верхней части цилиндра стук паспортные данные: тип и серийный номер контейнера, товарный знак предприятия-изготовителя, масса пустого контейнера, розетка, рабочее и испытательное давление, дата изготовления, клеймо ОТК и отметкой инспекции Госгортехнадзора, Дата следующего испытания.



Рисунок 6 – Верхняя часть газового баллона

3.2.2 Подогреватель газа

Подогреватель газа применяется только при сварке в углекислом газе. Выходя из баллона, углекислота испаряется, при этом поглощает тепло, вследствие чего температура газа значительно понижается. При сравнительно большом расходе CO_2 возможно замерзание содержащейся в нем влаги и закупорка редуктора. Поэтому углекислый газ, выходящий из баллона, рекомендуется подогревать. Схема подогревателя углекислого газа представлена на рисунке 7.

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 7 -подогреватель углекислого газа

3.2.3 Газовый редуктор

Газовые редукторы предназначены для снижения давления газа в баллоне с 50-150 атм до рабочего давления, которое принято для аргона равным примерно 0,5 атм, а для CO₂- 0,5...2,5 атм. Редукторы обеспечивают постоянное заданное рабочее давление газа.

При сварке расход газа сравнительно невелик. Поэтому применяют редукторы обратного действия, с малой пропускной способностью (до 4-5 м/ч), с минимальной ценой деления шкалы манометра низкого давления и с наиболее

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

потребителю газа давлением выше 3 атм на редукторе установлен клапан предельного давления. Кроме того, на корпусе редуктора установлен предохранительный клапан 14, препятствующий повышению давления в рабочей камере более 18 атм.

Редуктор У-30 снабжен подогревателем газа 18, состоящим из нагревательного элемента и терморегулятора, периодически отключающего нагревательный элемент при перегреве.

3.2.4 Расходомер

Расходомеры служат для измерения расхода газа. При сварке в защитных газах применяют расходомеры поплавкового и дроссельного типа. Расходомер представлен на рисунке 9.

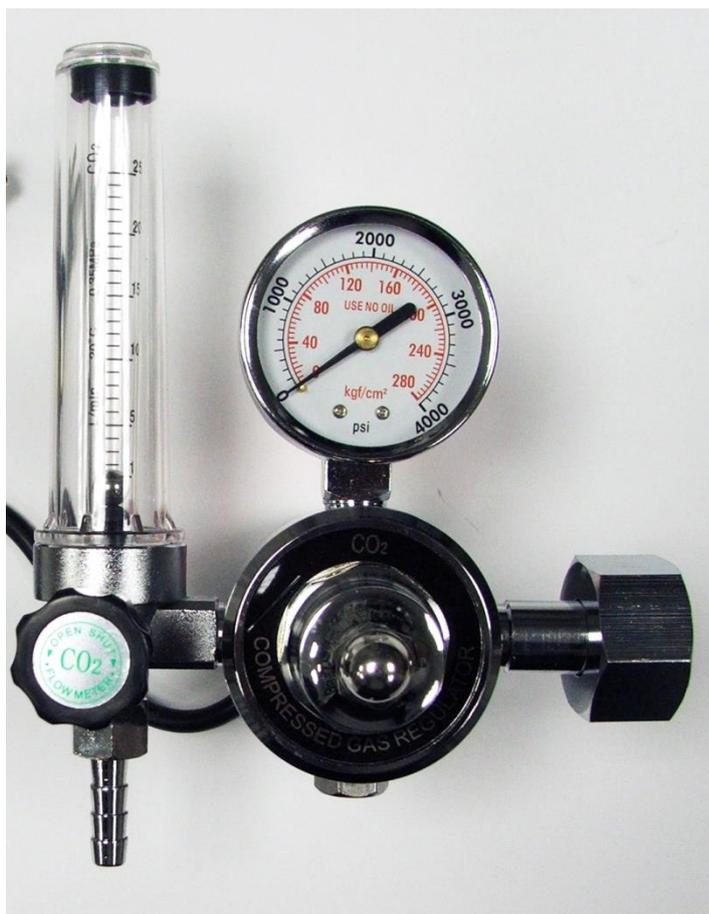


Рисунок 9 – Расходомер

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расходомер поплавкового типа - ротаметр (рис. 9) состоит из стеклянной трубки с коническим отверстием. Трубка располагается вертикально, широким концом отверстия вверх. Внутри трубки помещен легкий поплавок, который может свободно в ней перемещаться. При прохождении газа снизу вверх он поднимает поплавок до тех пор, пока зазор между ним и стенкой трубки не достигнет величины, при которой напор струи газа уравнивает вес поплавка. Чем больше расход газа и чем больше его плотность, тем выше поднимается поплавок. Ротаметр снабжен шкалой.

К недостаткам полуавтоматического способа сварки в среде защитных газов следует отнести то, что при работе сварка в углекислом газе дает сильное разбрызгивание металла на токах 200 – 400 А. Это требует дальнейшей зачистки шва и поверхности изделия, да и внешне шов хуже смотрится, чем при сварке под флюсом. Еще одним недостатком является большое выделение газа на месте сварки. Также надо учитывать, что при сильном ветре поток защитного газа сдувается.

3.2.5 Расчет режима сварки

Перед проведением расчета режима сварки необходимо выбрать сварочную проволоку. В качестве сварочной проволоки была выбрана омедненная сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, так как данная проволока обеспечивает:

- устойчивое горение дуги в широком диапазоне режимов сварки при использовании сварочного оборудования любого класса сложности;
- минимальное разбрызгивание электродного металла при сварке в защитных газах;
- низкий расход медных наконечников;
- повышение уровня механизации сварочных работ;

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- хорошее повторное зажигание дуги (специально для роботизированной сварки).

Химический состав сварочной проволоки приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2СНТЮР (в процентах)

С	Si	Mn	Cr, не более	Ni, не более	S, не более	P, не более
0,06-0,11	0,7-0,95	1,70-2,20	0,35-0,60	0,25	0,025	0,03

Режим сварки является основным элементом технологического процесса сварки той или иной конструкции либо изделия. От его правильного выбора в значительной мере зависит качество сварного соединения, производительность и экономическая эффективность технологического процесса сварки в целом.

Расчет режима сварки производится всегда для конкретных случаев, когда известен тип соединения, марка стали, защитная среда и другие данные по шву или технологическому процессу.

В соответствии с ГОСТ 14771-76 была выбрана разделка кромок с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки с условным обозначением С15. Внешний вид кромок показан на рисунке 10.

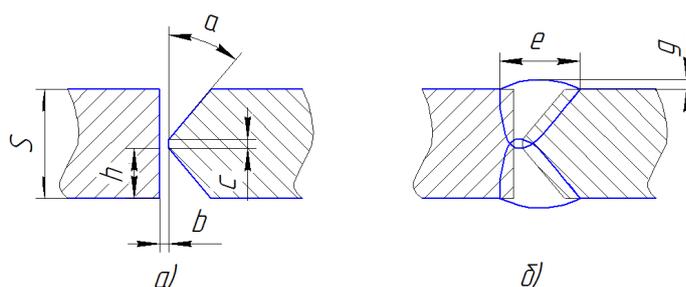


Рисунок 10 – Внешний вид и конструктивные элементы:

а) подготовленных кромок свариваемых деталей, б) сварного шва

Конструктивные размеры сварного соединения приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Конструктивные размеры сварного соединения, мм

Обозначение	b	c	e	g	α , град \pm
-------------	---	---	---	---	-----------------------

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

соединения	S									2°
		Номин.	Пред. откл.							
С15	-7	1	±1	1	±1	6	±2	1	±1	40
	-11					8				

Для соединения стенки резервуара с днищем, в соответствии с ГОСТ 14771-76, была выбрана разделка без скоса кромок с условным обозначением ТЗ. Внешний вид сварного соединения представлен на рисунке 11.

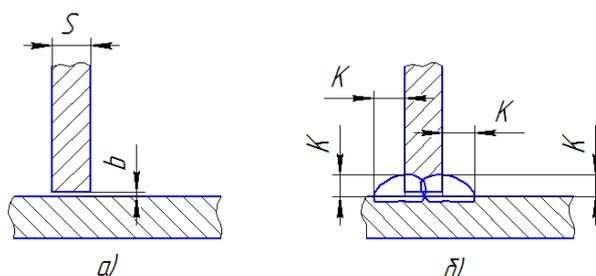


Рисунок 11 – Внешний вид и конструктивные элементы:

а) подготовленных кромок свариваемых деталей, б) сварного шва

Конструктивные размеры сварного соединения приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Конструктивные размеры сварного соединения, мм

Обозначение соединения	S	В		К	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
ТЗ	6-14	0	+1,5	5	±1

Сегодня в технологии подготовки скоса кромок под сварку применяются как термические, так и механические методы резки.

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для разделки кромок под сварку был выбран станок-плазморез, который относится к типу термических методов разделки кромок. Он способен производить разделку кромок одновременно с двух сторон, из-за чего этот процесс занимает гораздо меньше времени.

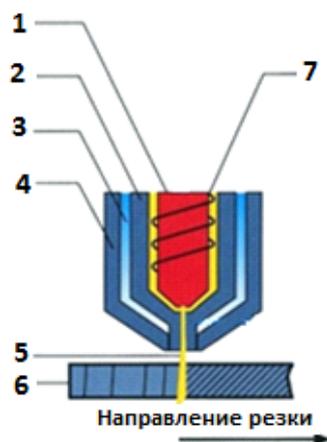


Рисунок 12 – Плазморез:

1 – электрод (катод), 2 – сопло, 3 – охладитель, 4 – колпачок сопла,
5 – плазменная дуга, 6 – изделие (анод), 7 – плазменный газ

Работа плазмореза основана на высокотемпературном нагреве обрабатываемого материала до температуры 6-8 тыс. градусов струей плазмы и плазменной дугой, при этом соседние участки нагреваются не так сильно, как при кислородной резке, и соответственно быстрее охлаждаются. Расплавленный металл в процессе резки удаляется потоком раскаленной плазмы.

Для работы плазмореза нужно электричество и воздух, к нему не предъявляется особенных требований по пожарной безопасности.

Кромки металла после газовой резки должны быть зачищены от заусениц, грата, окалины, наплывов до металлического блеска и не должны иметь неровностей, разрывов и шероховатостей, превышающих 1 мм.

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Также, перед тем, как произвести расчет режима сварки, необходимо знать толщины всех поясов резервуара. В соответствии с рекомендациями, толщины всех поясов резервуара приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Толщины листов различных поясов резервуара

Номер пояса резервуара	Толщина пояса, мм
I	9
II	8
III	7
IV	6
V	6
VI	6

Так как I пояса резервуара имеет толщину 9 мм, расчет режима сварки будет иметь следующий вид:

1) Устанавливают требуемую глубину провара при сварке с одной стороны, которая назначается, исходя из технологической возможности выбранного механизированного способа сварки:

$$h = \frac{S}{2}, \quad (5)$$

где S - толщина свариваемого изделия (мм).

$$h = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ (мм)}.$$

2) Определяют площадь наплавки:

$$F_b = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e;$$

В соответствии с таблицей 7, получаем:

$$F_b = 4,5^2 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ + 1 \cdot 9 + 0,75 \cdot 1 \cdot 8 = 29,99 \approx 30 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Так как при сварке в среде защитных газов электродной проволокой диаметром 1,2...1,4 мм площадь поперечного сечения первого прохода должна быть 10...30 мм², а второго 20...60 мм², то устанавливаем, что сварка будет производиться за 1 проход и площадь наплавки для составит 30 мм².

3) Выбирают силу сварочного тока:

$$I_{св} = \frac{d_э^2 \cdot \pi \cdot j}{4};$$

где j - допустимая плотность тока, А/мм²;

$d_э$ - диаметр электрода, мм.

Допустимая плотность тока при механизированной сварке стыковых швов зависит от диаметра электрода (Таблица 8).

Таблица 8 – Значения плотности тока в зависимости от диаметра электрода

$d_э$, мм	1	2	3	4	5	6
j , А/мм ²	90...400	65...200	45...90	35...60	30...50	25...45

Так как сварка производится электродной проволокой диаметром 1,2 мм, то принимаем значение плотности тока равным 120 А/мм²;

Так как сварка производится в среде углекислого газа электродной проволокой диаметром 1,2 мм, то его величина:

$$I_{св} = \frac{1,2^2 \cdot 3,14 \cdot 120}{4} = 135,6 \text{ (А)} = 140 \text{ А};$$

Принимаем силу сварочного тока: $I_{св} = 140 \text{ А}$

4) Для принятой силы сварочного тока определяют оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1;$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$U_{\text{д}} = \left(20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 140 \right) = 26,4 \pm 1 \text{ (В)}.$$

5) Зная сварочный ток, диаметр электрода и напряжение дуги, определяют коэффициент формы провара:

$$\psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}};$$

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

Величина K' при плотности тока $\geq 120 \text{ А/мм}^2$ составляет 0,92.

При механизированной сварке значения K' должны составлять 0,8...4, так как при малых значениях коэффициента провара обычно формируются швы, склонные к образованию горячих трещин, при больших – слишком широкие швы с малой глубиной провара, что приводит к увеличению сварочных деформаций.

Коэффициент формы провара будет равен:

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 140) \cdot \frac{1,2 \cdot 26,4}{140} = 3,66.$$

б) Для определения скорости перемещения сварочной дуги используется методика расчета по требуемой площади сечения наплавленного металла:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{в}}};$$

где $\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент наплавки, г/А·ч;

γ - плотность наплавленного металла, г/см³.

Так как металл электрода – сталь, то его плотность $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

При сварке в среде углекислого газа величина коэффициента наплавки определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi_{\text{н}});$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где ψ_n - коэффициент потерь, в относительных единицах.

Величину коэффициента расплавления можно рассчитать по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l}{d_3^2};$$

где l - величина вылета электрода, выбирается в пределах 10...20 мм.

Принимаем величину вылета электрода равной 14 мм.

Коэффициент расплавления будет равен:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{140} \cdot \frac{14}{1,2^2} = 9,41.$$

Величина коэффициента потерь ψ_n (%) для сварки при оптимальных значениях напряжения дуги зависит от плотности тока в электроде и определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2;$$

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 120 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 120^2 = 10 \% = 0,1.$$

Величина коэффициента наплавки составит:

$$\alpha_n = 9,41 \cdot (1 - 0,1) = 8,47 \left(\frac{\Gamma}{\text{А} \cdot \text{ч}} \right).$$

Скорость перемещения сварочной дуги составит:

$$V_{св} = \frac{8,47 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,30} = 0,141 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 5,07 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right).$$

7) Определяют скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{пэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_{эл} \cdot \gamma};$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $F_{эл}$ - площадь поперечного сечений электрода, $см^2$.

$$F_{эл} = \frac{\pi \cdot d^2}{4};$$

$$F_{эл} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ (мм}^2\text{)} = 0,0113 \text{ (см}^2\text{)};$$

$$V_{пэл} = \frac{9,41 \cdot 140}{3600 \cdot 0,0113 \cdot 7,8} = 4,15 \left(\frac{см}{с}\right) = 149,4 \left(\frac{м}{ч}\right).$$

8) Определяют значение погонной энергии по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_э \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}};$$

где $\eta_э$ - эффективный КПД нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе имеет значения: 0,80...0,84.

Принимаем $\eta_э = 0,8$, тогда:

$$q_n = \frac{0,8 \cdot 140 \cdot 26,4}{0,141} = 20970 \left(\frac{Дж}{см}\right).$$

Так как II пояс резервуара имеет толщину 8 мм, то расчет режима сварки будет иметь следующий вид:

1) Устанавливают требуемую глубину провара по формуле ():

$$h = \frac{8}{2} = 4 \text{ (мм)}.$$

2) Определяют площадь наплавки по формуле ().

В соответствии с таблицей 7, получаем:

$$F_B = 4^2 \cdot tg40^\circ + 1 \cdot 8 + 0,75 \cdot 1 \cdot 8 = 27,4 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Так как при сварке в среде защитных газов электродной проволокой диаметром 1,2...1,4 мм площадь поперечного сечения первого прохода должна быть 10...30 мм², а второго 20...60 мм², то устанавливаем, что сварка будет производиться за 1 проход и площадь наплавки для составит 27,4 мм².

3) Выбирают силу сварочного тока по формуле (). Так как на всем протяжении сварки используется электродная проволока постоянного диаметра, то значения плотности тока j будут одинаковы для сварки всех поясов резервуара. соответственно, на всем протяжении сварки значения силы тока первого и второго прохода будут одинаковы, следовательно:

$$I_{св} = 135,6(A).$$

Принимаем силу сварочного тока:

$$I_{св} = 140 A.$$

4) Для принятой силы сварочного тока определяют оптимальное напряжение дуги, которое также будет неизменно на всем протяжении сварки и будет равно:

$$U_{д} = 26,4 \pm 1 (В).$$

5) Зная сварочный ток, диаметр электрода и напряжение дуги, определяют коэффициент формы провара, который также будет постоянен на всем протяжении сварки:

$$\psi_{пр} = 3,66.$$

6) Скорость перемещения сварочной дуги определяется по формуле ().

Величина коэффициента наплавки будет одинакова на всем процессе сварки и равна:

$$\alpha_{н} = 8,47.$$

Скорость перемещения сварочной дуги составит:

$$V_{св} = \frac{8,47 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,274} = 0,154 \left(\frac{см}{с} \right) = 5,55 \left(\frac{м}{ч} \right).$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7) Определяют скорость подачи электродной проволоки по формуле(). Данный параметр остается постоянным на всем протяжении процесса сварки и равен:

$$V_{\text{пэл}} = 4,15 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 149,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right).$$

8) Определяют значение погонной энергии по формуле():

$$q_n = \frac{0,8 \cdot 140 \cdot 26,4}{0,154} = 19200 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{см}} \right).$$

Так как Шпояс резервуара имеет толщину 7 мм, то расчет режима сварки будет иметь следующий вид:

1) Устанавливают требуемую глубину провара по формуле ():

$$h = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ (мм)}.$$

2) Определяют площадь наплавки по формуле ().

В соответствии с таблицей 7, получаем:

$$F_B = 3,5^2 \cdot \text{tg}40^\circ + 1 \cdot 7 + 0,75 \cdot 1 \cdot 7 = 22,5 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Так как при сварке в среде защитных газов электродной проволокой диаметром 1,2...1,4 мм площадь поперечного сечения первого прохода должна быть 10...30 мм², а второго 20...60 мм², то устанавливаем, что сварка будет производиться за 1 проход и площадь наплавки для составит 22,5 мм².

3) Выбирают силу сварочного тока по формуле (). Так как на всем протяжении сварки используется электродная проволока постоянного диаметра, то значения плотности тока j будут одинаковы для сварки всех

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поясов резервуара. Соответственно, на всем протяжении сварки значения силы тока первого и второго прохода будут одинаковы, следовательно:

$$I_{св} = 135,6(A).$$

Принимаем силу сварочного тока:

$$I_{св} = 140 A.$$

4) Для принятой силы сварочного тока определяют оптимальное напряжение дуги, которое также будет неизменно на всем протяжении сварки и будет равно:

$$U_{д} = 26,4 \pm 1 (В).$$

5) Зная сварочный ток, диаметр электрода и напряжение дуги, определяют коэффициент формы провара, который также будет постоянен на всем протяжении сварки:

$$\psi_{пр} = 3,66.$$

6) Скорость перемещения сварочной дуги определяется по формуле ().

Величина коэффициента наплавки будет одинакова на всем процессе сварки и равна:

$$\alpha_{н} = 8,47.$$

Скорость перемещения сварочной дуги составит:

$$V_{св} = \frac{8,47 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,225} = 0,188 \left(\frac{см}{с}\right) = 6,76 \left(\frac{м}{ч}\right).$$

7) Определяют скорость подачи электродной проволоки по формуле(). Данный параметр остается постоянным на всем протяжении процесса сварки и равен:

$$V_{пэл} = 4,15 \left(\frac{см}{с}\right) = 149,4 \left(\frac{м}{ч}\right).$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8) Определяют значение погонной энергии по формуле():

$$q_n = \frac{0,8 \cdot 140 \cdot 26,4}{0,188} = 15728 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{см}} \right).$$

Так как пояса резервуара с IV по VI имеют толщину 6 мм, значения всех параметров сварки для них будут одинаковы и имеют следующий вид:

1) Устанавливают требуемую глубину провара по формуле ():

$$h = \frac{6}{2} = 3 \text{ (мм)}.$$

2) Определяют площадь наплавки по формуле ().

В соответствии с таблицей 7, получаем:

$$F_b = 3^2 \cdot \text{tg}40^\circ + 1 \cdot 6 + 0,75 \cdot 1 \cdot 7 = 18,8 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Так как при сварке в среде защитных газов электродной проволокой диаметром 1,2...1,4 мм площадь поперечного сечения первого прохода должна быть 10...30 мм², а второго 20...60 мм², то устанавливаем, что сварка будет производиться за 1 проход и площадь наплавки для составит 18,8 мм².

3) Выбирают силу сварочного тока по формуле (). Так как на всем протяжении сварки используется электродная проволока постоянного диаметра, то значения плотности тока j будут одинаковы для сварки всех поясов резервуара. Соответственно, на всем протяжении сварочного процесса значения силы тока первого и второго прохода будут одинаковы, следовательно:

$$I_{\text{св}} = 135,6 \text{ (А)}.$$

Принимаем силу сварочного тока:

$$I_{\text{св}} = 140 \text{ А}.$$

					Сварка	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4) Для принятой силы сварочного тока определяют оптимальное напряжение дуги, которое также будет неизменно на всем протяжении сварки и будет равно:

$$U_d = 26,4 \pm 1 \text{ (В)}.$$

5) Зная сварочный ток, диаметр электрода и напряжение дуги, определяют коэффициент формы провара, который также будет постоянен на всем протяжении сварки:

$$\psi_{пр} = 3,66.$$

6) Скорость перемещения сварочной дуги определяется по формуле ().

Величина коэффициента наплавки будет одинакова на всем процессе сварки и равна:

$$\alpha_n = 8,47.$$

Скорость перемещения сварочной дуги составит:

$$V_{св} = \frac{8,47 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,188} = 0,225 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 8,09 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right).$$

7) Определяют скорость подачи электродной проволоки по формуле().

Данный параметр остается постоянным на всем протяжении процесса сварки и равен:

$$V_{пэл} = 4,15 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 149,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right).$$

8) Определяют значение погонной энергии по формуле():

$$q_n = \frac{0,8 \cdot 140 \cdot 26,4}{0,225} = 13141 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{см}} \right).$$

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 9 – Сводная таблица основных параметров сварки для каждого пояса резервуара

№ пояса	№ прохода	$I_{св}$	$U_{д}$	$V_{св}$	$V_{пэл}$	q_n
		А	В	м/ч	м/ч	Дж/см
I	первый	140	$26,4 \pm 1$	5,07	149,4	20970
II	первый			5,55		19200
III	первый			6,76		15728
IV	первый			8,09		13141
V						
VI						

3.2.6 Выбор оборудования для производства процесса сварки

3.2.7 Выбор сварочного полуавтомата

После проведения расчета режима сварки необходимо выбрать сварочный аппарат. Выбор необходимо производить на основе рассчитанной силы тока, диаметра используемого электрода, применяемого защитного газа, а также в зависимости от условий сварки и объема сварочных работ. В качестве сварочного аппарата выбран передвижной сварочный полуавтомат EWM Mira 251 KGE (рис.13)



Рис.13 Передвижной сварочный полуавтомат EWM Mira 251 KGE

Его основные характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные характеристики сварочного аппарата

Диапазон регулирования сварочного тока, А	30–250
Количество ступеней переключения	8
Скорость подачи проволоки, м/мин	1,5–20
Продолжительность включения при температуре окружающей среды	40°С
Сила тока при ПВ 25%, А	250
Сила тока при ПВ 100%, А	125
Напряжение сети, В	400 (-25%...+20%)
Частота тока в сети, Гц	50/60
Сетевой предохранитель, А	16
Максимальная потребляемая мощность, кВА	9,6
Рекомендуемая мощность генератора, кВА	13,0
COS φ	0,95
Габариты сварочного аппарата (Д×Ш×В), мм	870×390×610
Масса сварочного аппарата, кг	60

					<i>Сварка</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Раздел 4. Описание метода сварки под флюсом:

4.1. Сущность и особенности сварки под флюсом

При сварке под флюсом сварочная дуга между концом электрода и изделием горит под слоем сыпучего вещества, называемого флюсом.

Под действием тепла дуги расплавляются электродная проволока и основной металл, а также часть флюса в зоне сварки образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Газовая полость ограничена в верхней части оболочкой расплавленного флюса. Расплавленный флюс, окружая газовую полость, защищает дугу и расплавленный металл в зоне сварки от вредного воздействия окружающей среды, осуществляет металлургическую обработку металла в сварочной ванне. По мере удаления сварочной дуги расплавленный флюс, прореагировавший с расплавленным металлом, затвердевает, образуя на шве шлаковую корку. После прекращения процесса сварки и охлаждения металла шлаковая корка легко отделяется от металла шва. Не израсходованная часть флюса специальным пневматическим устройством собирается во флюсоаппарат и используется в дальнейшем при сварке.

Области применения:

- Сварка в цеховых и монтажных условиях
- Сварка металлов от 1,5 до 150 мм и более;
- Сварка всех металлов и сплавов, разнородных металлов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Вереекин А. В.				51	79
Консульт.					Описание методов сварки под флюсом		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.					
					ТПУ ИПР гр. 2Б01		

4.2. Оборудование для сварки под флюсом

Промышленность выпускает два типа аппаратов для дуговой сварки под флюсом:

- с постоянной скоростью подачи электродной проволоки, не зависящей от напряжения на дуге (основанные на принципе саморегулирования сварочной дуги);

- аппараты с автоматическим регулированием напряжения на дуге и зависящей от него скоростью подачи электродной проволоки (аппараты с авторегулированием).

В сварочных головках с постоянной скоростью подачи при изменении длины дугового промежутка восстановление режима происходит за счет временного изменения скорости плавления электрода вследствие саморегулирования дуги. При увеличении дугового промежутка (увеличение напряжения на дуге) уменьшается сила сварочного тока, что приводит к уменьшению скорости плавления электрода.

Уменьшение длины дуги вызывает увеличение сварочного тока и скорости плавления. В этом случае используют источники питания с жёсткой вольтамперной характеристикой.

В сварочных головках с автоматическим регулятором напряжения на дуге нарушение длины дугового промежутка вызывает такое изменение скорости подачи электродной проволоки (воздействуя на электродвигатель постоянного тока), при котором восстанавливается заданное напряжение на дуге. При этом используют аппараты с падающей вольтамперной характеристикой.

Аппараты этих двух типов отличаются и настройкой на заданный режим основных параметров: сварочного тока и напряжения на дуге. На аппаратах с постоянной скоростью подачи заданное значение сварочного тока

					Описание методов сварки под флюсом	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

настраивают подбором соответствующего значения скорости подачи электродной проволоки. Напряжение на дуге настраивают изменением крутизны внешней характеристики источника питания.

Необходимую скорость подачи электродной проволоки устанавливают или сменными зубчатыми шестернями (ступенчатое регулирование), или изменением числа оборотов двигателя постоянного тока (плавное регулирование). Для расширения пределов регулирования скорости подачи в последнее время - часто используют плавно-ступенчатое регулирование (двигатель постоянного тока и редуктор со сменными шестернями).

На аппаратах с автоматическим регулятором напряжение на дуге задается и автоматически поддерживается постоянным во время сварки.

Заданное значение сварочного тока настраивают изменением крутизны внешней характеристики источника питания.

Настройка других параметров режима сварки (скорости сварки, вылета электрода, вы соты слоя флюса и др.) аналогична для аппаратов обоих типов и определяется конструктивными особенностями конкретного аппарата.

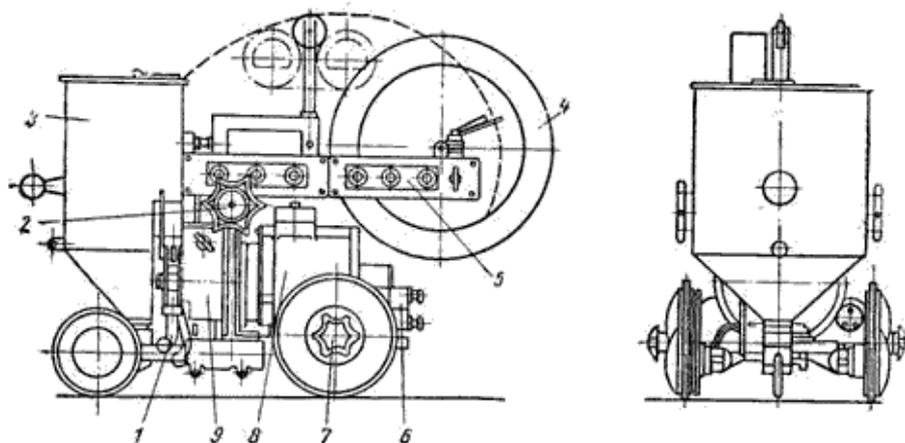


Рис. 14 Трактор ТС-17М автомата для сварки под слоем флюса:

1 — механизм подачи проволоки, 2 — механизм поперечной корректировки, 3 — бункер для флюса, 4 — кассета, 5 — пульт управления, 6 — коробка скоростей сварки, 7 — механизм включения передвижения трактора, 8 — электродвигатель, 9 — коробка скоростей подачи проволоки

					Описание методов сварки под флюсом	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сварочный дуговой автомат состоит из трех основных частей: сварочной головки, источника питания сварочной дуги и аппаратного ящика с пультом управления. Для автоматической сварки под флюсом труб, узлов и деталей трубопроводов наибольшее применение нашли сварочные тракторы ТС-17М, АДС-500, АДС-1000-2, сварочные головки типа ПТ-56, ПТ-1000 и полуавтоматы ПШ-5, ПШ-54, ПДШМ-500. Сварочными тракторами называют аппараты, перемещающиеся непосредственно по свариваемому изделию.

Сварочный трактор представляет собой самоходную тележку, на которой установлены механизм подачи электродной проволоки с токоподводящим мундштуком, бункер для флюса, кассета с электродной проволокой и пульт управления. Наиболее простым, малогабаритным и легким из всех существующих в настоящее время сварочных тракторов является сварочный трактор ТС-17М (рис. 14). Поскольку этот трактор небольших габаритных размеров, его можно применять при сварке внутренних швов цилиндрических изделий диаметром от 1 м и выше. Трактор рассчитан на сварку электродной проволокой диаметром от 1,6 до 5 мм при сварочном токе 200—1000 а. Им можно сваривать любые швы в нижнем и близком к нижнему положениях.

Из рис. 15 видно, что под действием электрической дуги 1, горячей между электродной проволокой 2 и свариваемым изделием 3, флюс 4 частично расплавляется, образуя эластичную оболочку 5 в форме пузыря и ванну жидкого шлака 6 на поверхности расплавленного металла 7. По мере перемещения дуги вдоль разделки шва наплавленный металл остывает и образует сварной шов 8. Жидкий шлак, имея более низкую температуру плавления, чем металл, затвердевает несколько позже, замедляя охлаждение металла шва.

Продолжительное пребывание металла шва в расплавленном состоянии и медленное остывание способствует выходу на поверхность всех

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

неметаллических включений и газов, получению чистого, плотного и однородного по химическому составу металла шва.

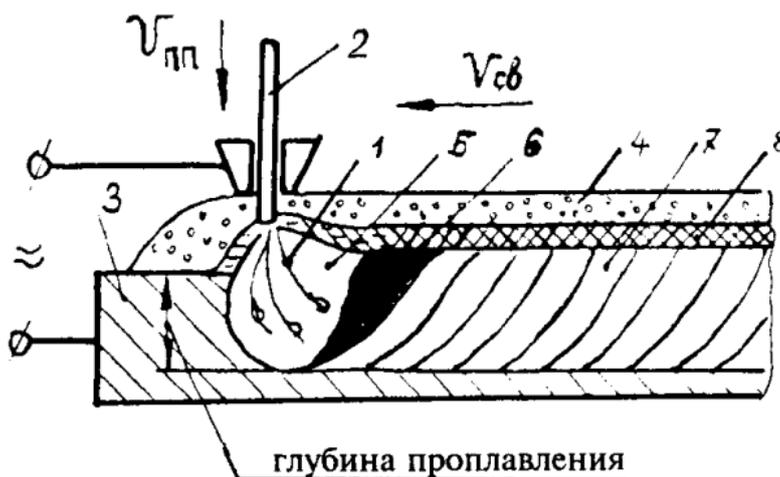


Рис.15. Схема сварки под слоем флюса:

1 – электрическая дуга; 2 – электродная проволока; 3 – свариваемое изделие; 4 – флюс; 5 – оболочка; 6 – ванна жидкого шлака; 7 – расплавленный металл; 8 – сварной шов

4.3. Материалы для сварки под флюсом

Электродная проволока. Правильный выбор марки электродной проволоки для сварки - один из главных элементов разработки технологии механизированной сварки под флюсом. Химический состав электродной проволоки определяет состав металла шва и, следовательно, его механические свойства.

Для сварки сталей предназначена проволока по ГОСТ 2246—70 «Проволока стальная сварочная». В соответствии с этим ГОСТом выпускают низкоуглеродистую, легированную и высоколегированную проволоку диаметром 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0

					Описание методов сварки под флюсом	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

мм. Проволока поставляется в бухтах массой до 80 кг. На каждой бухте крепят металлическую бирку с указанием завода-изготовителя, условного обозначения проволоки, номера партии и клейма технического контроля. Если же поверхность проволоки загрязнена или покрыта ржавчиной, то перед употреблением ее необходимо очистить. Проволоку очищают при намотке ее на кассеты в специальных станках, используя наждачные круги. Для удаления масел используют керосин, уайт-спирит, бензин и др. Для устранения влаги применяют термическую обработку: прокалку при температуре 100 - 150 °С. ЦНИИТМАШ рекомендует обрабатывать проволоку в 20%-ном растворе серной кислоты с последующей прокалкой при температуре 250 °С 2 - 2,5 ч. Необходимость в обработке электродной проволоки перед сваркой отпадает, если использовать омедненную проволоку. Для механизированной сварки под флюсом и по флюсу алюминия и его сплавов используют сварочную проволоку, выпускаемую по ГОСТ 7871-75 «Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов». ГОСТ 16130-72 «Проволока и прутки из меди и сплавов на медной основе сварочные» предъявляет требования к проволоке для сварки меди и ее сплавов. Подготовка этих проволок к сварке во многом определяет качество сварного соединения. Как правило, подготовка этих проволок к сварке такая же, как и основного металла. Наилучшие результаты обеспечивает химическая обработка или электролитическое полирование.

Сварочные флюсы. Сварочный флюс - один из важнейших элементов, определяющих качество металла шва и условия протекания процесса сварки. От состава флюса зависят составы жидкого шлака и газовой атмосферы. Взаимодействие шлака с металлом обуславливает определенный химический состав металла шва. От состава металла шва зависят его структура, стойкость против образования трещин. Состав газовой атмосферы обуславливает устойчивость горения дуги, стойкость против появления пор и количество выделяемых при сварке вредных газов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Функции флюсов. Флюсы выполняют следующие функции: физическую изоляцию сварочной ванны от атмосферы, стабилизацию дугового разряда, химическое взаимодействие с жидким металлом, легирование металла шва, формирование поверхности шва.

Лучшая изолирующая способность - у флюсов с плотным строением частиц мелкой грануляции. Однако при плотной укладке частиц флюса ухудшается формирование поверхности шва. Достаточно эффективная защита сварочной ванны от атмосферного воздействия обеспечивается при определенной толщине слоя флюса.

Типы флюсов и их характеристики:

Активные флюсы

Сварочные флюсы называются активными в случае, когда в их химический состав входят вещества – раскислители, такие как марганец и кремний. Данные добавки предотвращают появление пор, трещин в металле шва и околошовной зоне. Основное применение – однопроводная сварка неочищенных от окалины сталей.

Компания “Линкольн Электрик” не рекомендует использование активных флюсов (700 -серии) для сварки толщин более 25 мм, при которых требуется несколько проходов, т.к. высока вероятность насыщения металла шва легирующими элементами (кремний, марганец), которые, при достижении определенной концентрации, вызывают резкое падение механических свойств.

Нейтральные флюсы

Сварочные флюсы называются нейтральными в случае, когда они не влияют (не изменяют) химический состав наплавленного металла, допускают более широкие регулировки по сварочному напряжению и, как следствие, длины дуги. Нейтральные флюсы используются для многопроходной сварки, особенно, когда толщина свариваемых изделий превышает 25 мм. Подобные флюсы также используются для сварки сталей общего назначения с подготовленными очищенными поверхностями.

					Описание методов сварки под флюсом	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Учитывая, что нейтральные флюсы практически не содержат легирующих элементов, то при их использовании существует вероятность образования пор или трещин, вызванных разнообразными включениями, особенно при ограниченном количестве проходов.

2. Обратите внимание на то, что нейтральный флюс может оказывать воздействие на металл шва – предел прочности и ударная вязкость, ввиду применения разнообразных режимов сварки, термического цикла сварки, глубины проплавления, тепловложения и количества проходов.

Легирующие флюсы

Сварочные флюсы называются легирующими в случае, когда в их состав входят легирующие элементы, позволяющие использовать проволоки из углеродистых сталей для получения легированного металла шва. Как правило, легирующие флюсы применяются в операциях наплавки. Учитывая, что перенос легирующих элементов в металл шва сильно зависит от режимов сварки, очень важно их контролировать для получения требуемого уровня легирования.

					<i>Описание методов сварки под флюсом</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Марка, описание	Классификация	Типич. хим. состав наплавленного металла	Типич. мех. свойства наплавленного
<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА 780 И ПРОВОЛОКИ L-61</p> <p>Активный сварочный флюс для ограниченного числа проходов. В комбинации с проволокой L-61 отлично подходит для общего применения, включая полуавтоматическую сварку. Высокие скорости сварки на неочищенных поверхностях. Хорошая сопротивляемость образованию пор при сварке по ржавым и грунтованным поверхностям. Хорошее отслоение шлака, хорошая форма валика шва. Продукт доступен в мелкозернистом исполнении.</p> <p>Область применения: Сварка широкого спектра металлоконструкций общего назначения.</p> <p>Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг, стальная бочка - 250кг, мешок - 1000кг.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23 : F7A2-EM12K EN 760: S 42 AR/AB S2Si</p>	<p>C 0.07 Mn 1.6 Si 0.7 P 0.030 S 0.025</p>	<p>Предел текучести 420МПа Предел прочности 540МПа Удлинение 28% KV -20°C 50Дж -40°C мин. 47Дж</p>
<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА 780 И ПРОВОЛОКИ LNS140A</p> <p>Активный сварочный флюс для ограниченного числа проходов. В комбинации с проволокой LNS 140A отлично подходит для общего применения, включая полуавтоматическую сварку. Высокие скорости сварки на неочищенных поверхностях. Хорошая сопротивляемость образованию пор при сварке по ржавым и грунтованным поверхностям. Хорошее отслоение шлака, хорошая форма валика шва. Более высокие показатели механических свойств металла шва по сравнению с проволокой L-61. Продукт доступен в мелкозернистом исполнении.</p> <p>Область применения: Сварка широкого спектра металлоконструкций общего назначения.</p> <p>Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг, стальная бочка - 250кг, мешок - 1000кг.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23 : F8A2-EA2-G</p>	<p>C 0.07 Mn 1.6 Si 0.6 P 0.030 S 0.025 Mo 0.4</p>	<p>Предел текучести 420МПа Предел прочности 550МПа Удлинение 28% KV -20°C 60Дж -40°C мин. 47Дж</p>
<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА 860 И ПРОВОЛОКИ L-61</p> <p>Нейтральный агломерированный флюс для разнообразного применения. В сочетании с проволокой L-61 обеспечивает хорошие показатели ударной вязкости в случае многопроходной сварки. Высокая сопротивляемость растрескиванию под нагрузкой.</p> <p>Область применения: кораблестроительные стали, конструкционная сталь общего назначения, литая сталь, трубная сталь для изготовления котлов и сосудов давления, стали контролируемой прокатки, стали с высоким показателем предела текучести.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23 : F7A2-EM12K EN 756: MR S 38 2 AB S2Si EN 756: TR S 3T 0 AB S2Si</p>	<p>C 0.1 Mn 1.2 Si 0.3 P 0.025 S 0.020</p>	<p>Предел текучести 430МПа Предел прочности 510МПа Удлинение 32% KV 0°C 100Дж -20°C 60Дж -40°C мин. 47Дж</p>

Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг.			
---	--	--	--

					Описание методов сварки под флюсом	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА 860 И ПРОВОЛОКИ LNS 140A</p> <p>Нейтральный агломерированный флюс для разнообразного применения. В сочетании с проволокой LNS 140A обеспечивает хорошие показатели ударной вязкости в случае многопроходной сварки. Высокая сопротивляемость растрескиванию под нагрузкой. Более высокие показатели механических свойств металла шва по сравнению с проволокой L-61. Область применения: кораблестроительные стали, конструкционная сталь общего назначения, литая сталь, трубная сталь, стали для изготовления котлов и сосудов давления, стали контролируемой прокатки, стали с высоким показателем предела текучести. Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23 : F7A2-EA1-A2 EN 756: MR S 42 2 AB S2Mo EN 756: TR S 4T 2 AB S2Mo</p>	<p>C 0.05 Mn 1.3 Si 0.3 P 0.025 S 0.020 Mo 0.4</p>	<p>Предел текучести 520МПа Предел прочности 570МПа Удлинение 26% KV -20°C 70Дж -40°C мин. 47Дж</p>
<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА P230 И ПРОВОЛОКИ L-61</p> <p>Керамический агломерированный алюминатный флюс. Флюс основного типа. Может применяться в различных комбинациях с проволоками для сварки как углеродистых, так и низколегированных высокопрочных сталей. В комбинации с проволокой L-61 обеспечивает высокие показатели ударной вязкости при одно- и многопроходной сварке. Применяется для сварки конструкций, работающих при температурах от -40oC до +400oC. Область применения: одно- и многопроходная сварка, одно- и многодуговая сварка. Котельное оборудование и сосуды давления, строительство морских платформ, мостостроение, энергетика, оборудование для нефтехимической промышленности. Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг, пластиковый мешок типа Sahara Ready Bag - 25кг.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23 : F7A4/F6P5-EM12K EN756: MR S 38 4 AB S2Si</p>	<p>C 0.06 Mn 1.4 Si 0.4 P 0.030 S 0.020</p>	<p>Предел текучести 450МПа Предел прочности 520МПа Удлинение 30% KV -20°C 100Дж -40°C мин. 47Дж</p>
<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА P230 И ПРОВОЛОКИ LNS140A</p> <p>Керамический агломерированный алюминатный флюс. Флюс основного типа. Может применяться в различных комбинациях с проволоками для сварки как углеродистых, так и низколегированных высокопрочных сталей. В комбинации с проволокой LNS-140A обеспечивает высокие показатели ударной вязкости при одно- и многопроходной сварке. Более высокие показатели механических свойств металла шва по сравнению с проволокой L-61. Применяется для сварки конструкций, работающих при температурах от -40oC до +400oC.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23 : F8A4-EA2-A2 EN756: MR</p>	<p>C 0.07 Mn 1.4 Si 0.4 P 0.030 S 0.020 Mo 0.05</p>	<p>Предел текучести 540МПа Предел прочности 620МПа Удлинение 28% KV -20°C 70Дж -40°C мин. 47Дж</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

<p>Область применения: одно- и многопроходная сварка, одно- и многодуговая сварка. Котельное оборудование и сосуды давления, строительство морских платформ, мостостроение, энергетика, оборудование для нефтехимической промышленности. Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг, пластиковый мешок типа Sahara Ready Bag - 25кг.</p>			
<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА 8500 И ПРОВОЛОКИ L-61 Основной флюс для сварки углеродистых и низколегированных сталей. В комбинации с проволокой L-61 показывает отличные сварочно-технологические свойства при работе с широким диапазоном режимов сварки. Высокие показатели механических свойств наплавленного металла. Постоянство свойств металла шва, в т. ч. облицовочный шов. Высокие показатели ударной вязкости наплавленного металла. Область применения: оффшорные платформы: подходит для сварки в узкощелевую разделку, компоненты атомных реакторов, конструкции, работающие при высоких нагрузках. Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг. Упаковка Sahara Ready Bag™ - 25кг.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23: F7A6/F6P8-EM12K EN 756: MR S 38 4 FB S2Si EN 756 TR: S 4T 0FB S2Si</p>	<p>C Mn Si P S 0.015</p> <p>0.08 1.0 0.2 0.02</p>	<p>Предел текучести 430МПа Предел прочности 510МПа Удлинение 28% KV -20°С 150Дж -40°С мин. 47Д</p>
<p>КОМБИНАЦИЯ ФЛЮСА 8500 И ПРОВОЛОКИ LNS 140A Основной флюс для сварки углеродистых и низколегированных сталей. В комбинации с проволокой LNS 140A показывает отличные сварочно-технологические свойства при работе с широким диапазоном режимов сварки. Высокие показатели механических свойств наплавленного металла. Постоянство свойств металла шва, в т. ч. облицовочный шов. Высокие показатели ударной вязкости наплавленного металла. Более высокие показатели механических свойств металла шва по сравнению с проволокой L-61. Область применения: оффшорные платформы: подходит для сварки в узкощелевую разделку, компоненты атомных реакторов, конструкции, работающие при высоких нагрузках. Тип упаковки: пластиковый мешок - 25кг. Упаковка Sahara Ready Bag™ - 25кг.</p>	<p>AWS A5.17/A5.23: F8A6-EA2-A2 EN 756: MR S 46 4 FB S2Mo</p>	<p>C Mn Si P S Mo 0.4</p> <p>0.08 0.9 0.2 0.030 0.025</p>	

4.4. Технология сварки под флюсом

При сварке под флюсом сварочная дуга между концом электрода и изделием горит под слоем сыпучего вещества, называемого флюсом.

Флюс насыпается слоем толщиной 50-60 мм; дуга утоплена в массе флюса и горит в жидкой среде расплавленного флюса, в газовом пузыре, образуемом газами и парами, непрерывно создаваемыми дугой. При среднем насыпном весе флюса около 1,5 г/см³ статическое давление слоя флюса на жидкий металл составляет 7-9 г/см². Этого незначительного давления, как показывает опыт, достаточно, чтобы устранить нежелательные механические воздействия дуги на ванну жидкого металла, разбрызгивание жидкого металла и нарушение формирования шва даже при очень больших токах.

В то время как при открытой дуге механическое воздействие дуги на ванну жидкого металла делает практически невозможной сварку при силе тока выше 500-600 а вследствие разбрызгивания металла и нарушения правильного формирования шва, погружение дуги во флюс дало возможность увеличить применяемые токи в среднем до 1000-2000 а и максимально до 3000-4000 п. Таким образом, появилась возможность при сварке под флюсом повысить сварочный ток в 6-8 раз по сравнению с открытой дугой с сохранением высокого качества сварки и отличного формирования шва. Производительность сварки при этом растет значительно быстрее увеличения тока, меняется самый характер образования шва.

Маломощная открытая дуга лишь незначительно расплавляет кромки шва, который образуется главным образом за счет расплавленного электродного металла, заполняющего разделку кромок. Мощная закрытая дуга под флюсом глубоко расплавляет основной металл, позволяет уменьшить разделку кромок под сварку, а часто и совсем обойтись без разделки. Снижается доля участия электродного металла в образовании шва; в среднем

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

наплавленный металл образуется на $2/3$ за счет расплавления основного металла и лишь на $x/3$ за счет электродного металла. Производительность сварки, определяемая числом метров шва за час горения дуги, при сварке под флюсом значительно выше (до 10 раз), чем при сварке открытой дугой на одинаковых сварочных токах. Таким образом, производительность сварки под флюсом возрастает как за счет увеличения сварочного тока, так и за счет лучшего его использования.

Возможность резкого увеличения силы сварочного тока составляет главное, неоценимое преимущество сварки под флюсом. Заключение дуги в газовый пузырь со стенками из жидкого флюса практически сводит к нулю потери металла на угар и разбрызгивание, суммарная величина которых не превышает 2% веса расплавленного электродного металла. Сварные швы получаются равномерного и очень высокого качества. Отсутствие потерь на угар и разбрызгивание и уменьшение доли электродного металла в образовании шва позволяют весьма значительно экономить расход электродной проволоки. Лучшее использование тока заметно экономит расход электроэнергии. Так как дуга горит невидимо под толстым слоем флюса, не требуется защиты глаз работающих.

Применение для сварки под флюсом дуговых автоматов особых осложнений не вызывает, дуга под флюсом обычно устойчивее открытой дуги. Переход на сварку под флюсом потребовал лишь увеличения сварочных токов и соответственного увеличения размеров и усиления конструкции автоматов. Сварка под флюсом в большинстве случаев ведется на токе высоких плотностей, поэтому широко применяются автоматы с постоянной скоростью подачи электродной проволоки.

В то время как при открытой дуге механическое воздействие дуги на ванну жидкого металла делает практически невозможной сварку при силах тока выше 400—500 а вследствие разбрызгивания металла и нарушения правильного

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

формирования шва, погружение дуги во флюс дало возможность в среднем увеличить применяемые токи до 1000—2000 а и максимально до 3000—4000 а.

Таким образом, появилась возможность повысить сварочный ток в 6—8 раз по сравнению с открытой дугой, сохраняя высокое качество сварки и отличное формирование шва. Производительность сварки при этом растёт значительно быстрее увеличения тока, меняется самый характер образования шва.

Маломощная открытая дуга лишь незначительно расплавляет кромки шва, который образуется главным образом за счёт расплавленного электродного металла, заполняющего разделку кромок. Мощная закрытая дуга под флюсом глубоко расплавляет основной металл, позволяет уменьшить разделку кромок под сварку, а часто и совсем обойтись без разделки. Снижается доля участия электродного металла в образовании шва, в среднем наплавленный металл образуется на $\frac{2}{3}$ за счёт расплавления основного металла и лишь на $\frac{1}{3}$ за счёт электродного металла. Производительность сварки, определяемая числом метров шва за час горения дуги для сварки под флюсом, значительно выше, чем для открытой дуги при одинаковых сварочных токах. Таким образом, при сварке под флюсом производительность возрастает как за счёт увеличения сварочного тока, так и за счёт лучшего его использования. Наблюдается повышение производительности, отнесённое ко времени горения дуги, до 10—20 раз, против сварки открытой дугой.

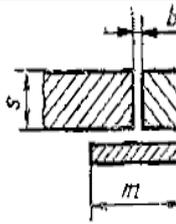
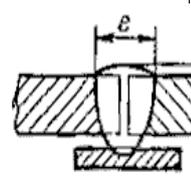
Возможность резкого увеличения силы сварочного тока составляет главное, неоценимое преимущество сварки под флюсом. Заключение дуги в газовый пузырь со стенками из жидкого флюса практически сводит к нулю потери металла на угар и разбрызгивание, суммарная величина которых не превышает 2% от веса расплавленного электродного металла. Сварные швы получаются равномерного и очень высокого качества. Отсутствие потерь на угар и разбрызгивание и уменьшение доли электродного металла в образовании

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

шва даёт весьма значительную экономию в расходе электродной проволоки. Лучшее использование тока даёт заметную экономию расхода электроэнергии, кроме того, не требуется защиты глаз работающих, так как дуга горит невидимо под толстым слоем флюса. Уменьшается необходимость в специальной вентиляции помещения, так как обычные флюсы дают незначительное выделение газов и почти не образуют дыма.

4.5 Расчёт режимов сварки для сварки под слоем флюса

Согласно ГОСТ 8713-79, при сварке стыкового соединения деталей разной толщины, при разности их толщин свыше 4 мм, на детали имеющей большую толщину, должен быть сделан скос до толщины тонкой детали. При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Ус ловное обозначени е сварного соединения	Конструктивные элементы		пособ сварки	$\approx s_1$	b		, не менее	, не более	g	
	подготовленн ых кромок свариваемых деталей	сварного шва			оми н.	ред. откл.			оми н.	ред. откл.
C5			Ф0; МФ0	в. 3 до 4	,0	1,0	5	7	,0	1,0 1,5

Геометрические размеры подготовки кромок и геометрические размеры шва, принимаем по стыковому соединению типа С5. При этом с целью устранения вероятности возникновения межкристаллитной коррозии с обратной стороны шва, будем подразумевать, что при сварке будет использована подкладка.

Таблица 6 - ГОСТ 8713-79, геометрические размеры подготовки кромок под сварку и сварного шва

Величину зазора принимаем равной: $b=1$ мм при этом, для того чтобы определить площадь наплавленного металла, предварительно установим размеры получаемого при в результате процесса сварки шва. Размер ширины шва принимаем равным: $e=17$ мм, а высоту шва: $g=1.5$ мм.

Площадь наплавленного металла определяется по формуле:

$$F_i = S \cdot b + 0,75 \cdot e \cdot g . \quad (7)$$

Подставив в формулу (7) входящие в неё значения получим:

Сила сварочного тока определяется по формуле [7]:

$$F_i = 4 \cdot 1 + 0,75 \cdot 16 \cdot 2 = 28 \text{ мм}^2 = 0,28 \text{ дм}^2 .$$

$$I_{св} = \frac{H \cdot 100}{k_h} , \quad (8)$$

где H - необходимая глубина провара; при односторонней однопроходной сварке принимаем $H=S$, где S - толщина листа [2]: $S=4$ мм;

k_h - коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий сварки. Согласно [2,7], для диаметра проволоки 2 мм, и при использовании постоянного тока обратной полярности, этот коэффициент равен: $k_h=1,4$.

Согласно [2,7], для диаметра проволоки 2 мм, допускаемая плотность тока равна $65 \div 200$ А/мм².

Таким образом, сила тока равна:

$$I_{\hat{n}\hat{a}} = \frac{4 \cdot 100}{1,4} \approx 290 \text{ А} .$$

Плотность тока, определяется по формуле:

					Описание методов сварки под флюсом	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$j = \frac{I_{св}}{F_{эл}},$$

где $F_{эл}$ - площадь электродной проволоки.

Таким образом,

$$j = \frac{290 \cdot 4}{3,14 \cdot 2^2} \approx 90 \text{ А/мм}^2.$$

Скорость сварки определяется по формуле (6). Так как при сварке под флюсом потери металла составляют 2...3 %, то коэффициент наплавки равен коэффициенту расплавления: $\alpha_n \alpha_p$, [5, С 189]. При сварке на постоянном токе коэффициент расплавления равен:

$$\alpha_\delta = 6,3 + \frac{70,2 \cdot 10^{-3}}{2^{1,035}} \cdot 290 \approx 16,23 \text{ г/(Ач)}.$$

Следовательно, скорость сварки равна:

$$V_{на} = \frac{16,23 \cdot 290}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,28} \approx 0,6 \text{ см/с} \approx 21,5 \text{ м/ч}.$$

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги, [5, С.194]:

$$U_\delta = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_\delta^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1,$$

4.6. Оборудование для сварки под флюсом

После проведения расчета режима сварки необходимо выбрать сварочный аппарат. Выбор необходимо производить на основе рассчитанной силы тока, диаметра используемого электрода, применяемого защитного газа, а также в зависимости от условий сварки и объема сварочных работ. В качестве сварочного аппарата выбран сварочный трактор АДФ-1000 рис. 16

					Описание методов сварки под флюсом	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



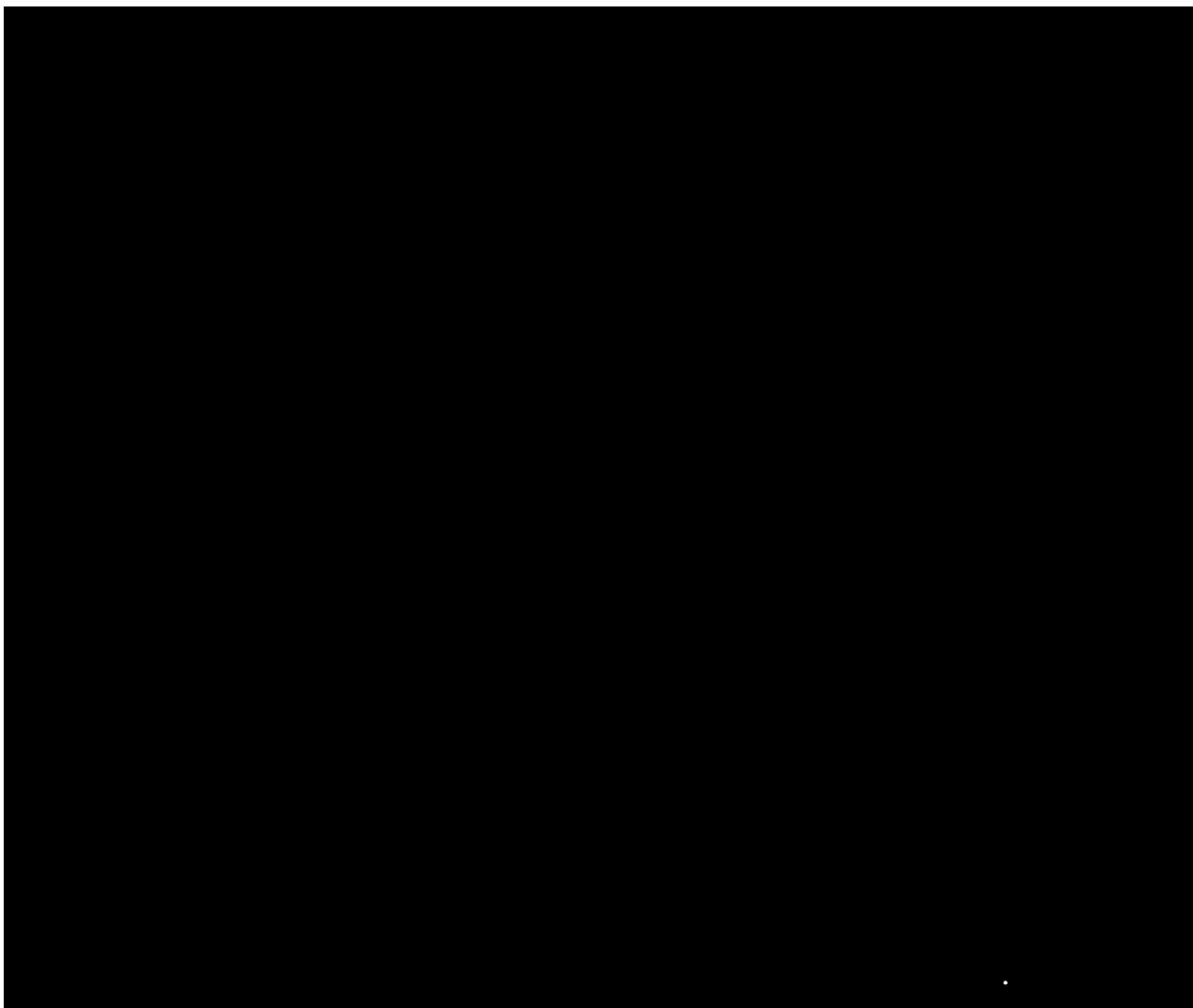
Рис.16 Сварочный трактор АДФ-1000.

Технические характеристики:

Питание сети	380 В, 50 Гц, 3 фазы
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Номинальный сварочный ток при ПВ=100%, А	1000
Пределы регулирования сварочного тока, А	200...1000
Диаметр проволоки, мм	2,0...5,0
Скорость подачи проволоки, м/ч	26...360
Скорость сварки, м/ч	0...285
Пределы регулирования времени растяжки дуги, с	0...0,1
Угол вертикального поворота сварочной головки вдоль продольной оси автомата, град	40° - 30°
Угол поворота сварочной головки перпендикулярно оси сварочного шва, град	± 45°
Угол горизонтального поворота сварочной головки относительно вертикальной оси автомата, град	± 90°
Вертикальная регулировка сварочной головки, мм	100
Межосевое расстояние колес, мм	260
Колесная колея, мм	320
Вместимость кассеты для проволоки, кг	20
Ёмкость бункера для флюса, дм ³	10
Мощность, потребляемая сварочным автоматом, кВА, не более	0,4
Напряжение питания сварочного автомата при частоте 50 Гц, В	42
Габаритные размеры трактора, мм	720x500x650
Масса трактора, кг	80

Раздел 5. Анализ применяемых методов сварки.

5.1 Анализ механической сварки.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

5.2. Анализ сварки под флюсом.

Преимущества:

Высокое качество металлов шва и сварного соединения достигается за счет надежной защиты расплавленного металла от взаимодействия с воздухом, его металлургической обработки и легирования раздавленным шлаком. Наличие шлака на поверхности шва уменьшает скорость кристаллизации металла сварочной ванны и скорость охлаждения металла шва. В результате металл шов не имеет пор, содержит пониженное количество неметаллических включений.

Улучшение формы шва и стабильности его размеров, особенно глубины проплавления, обеспечивает постоянные химический состав и другие свойства на всей длине шва. Сварку под флюсом применяют для изготовления крупногабаритных резервуаров, строительных конструкций, труб и т.д. из сталей, никелевых сплавов, меди, алюминия, титана и их сплавов. Экономичность процесса определяется снижением расхода сварочных материалов за счет сокращения потерь металла на угар и разбрызгивание (не более 3%, а при ручной сварке достигают 15%), отсутствием потерь на огарки. Лучшее использование тепла дуги при сварке под флюсом по сравнению с ручной сваркой уменьшает расход электроэнергии на 30-40 %. Повышению экономичности способствует и снижение трудоемкости работ по разделке кромок под сварку, зачистке шва от брызг и шлака. Сварка выполняется с применением специальных автоматов или полуавтоматов. Условия работы позволяют сварщику обходиться без щитков для защиты глаз и лица.

Недостатками способа является повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса. Поэтому сварка возможна только в нижнем положении при отклонении плоскости шва от горизонтали не более чем на 10-15°. В противном случае нарушится формирование шва, могут образоваться подрезы и другие дефекты. Это одна из причин, почему сварку под флюсом не применяют для соединения поворотных кольцевых стыков труб диаметром

					Описание методов сварки под флюсом	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

менее 150 мм. Кроме того, этот способ сварки требует и более тщательной сборки кромок под сварку и использования специальных приемов сварки. При увеличенном зазоре между кромками возможно вытекание в него расплавленного металла и флюса и образование в шве дефектов. Трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия.

Вывод: Анализ методов показал, что оба метода, высокоэффективные, удобные в эксплуатации и обладают рядом преимуществ, ввиду своих технических характеристик их использование ограничено областью их применения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Раздел 6. Экономические затраты на проведение сварочных работ.

Расчет эксплуатационных затрат на производство резервуара и проведение экономического сравнения перспективности выбранного способа сварки:

1. с применением ручной механизированной сварки
2. с применением автоматической сварки под флюсом - (АФо).

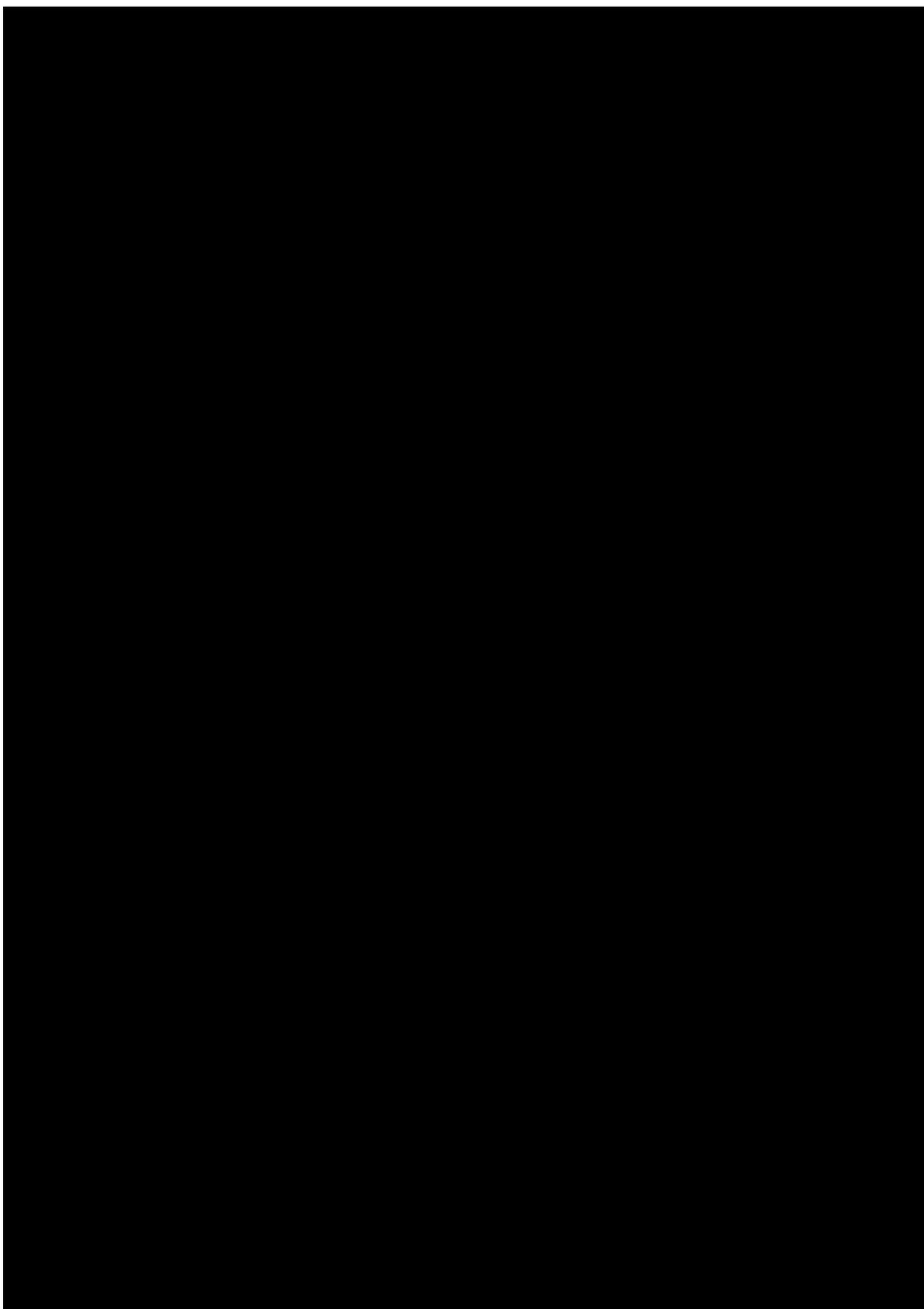
Эксплуатационные затраты на производство резервуара - состоят из следующих элементов:

1. расход сварочных материалов;
2. затраты на материалы;
3. затраты на оплату труда;
4. отчисления на соц. нужды;
5. затраты на проведение мероприятия;

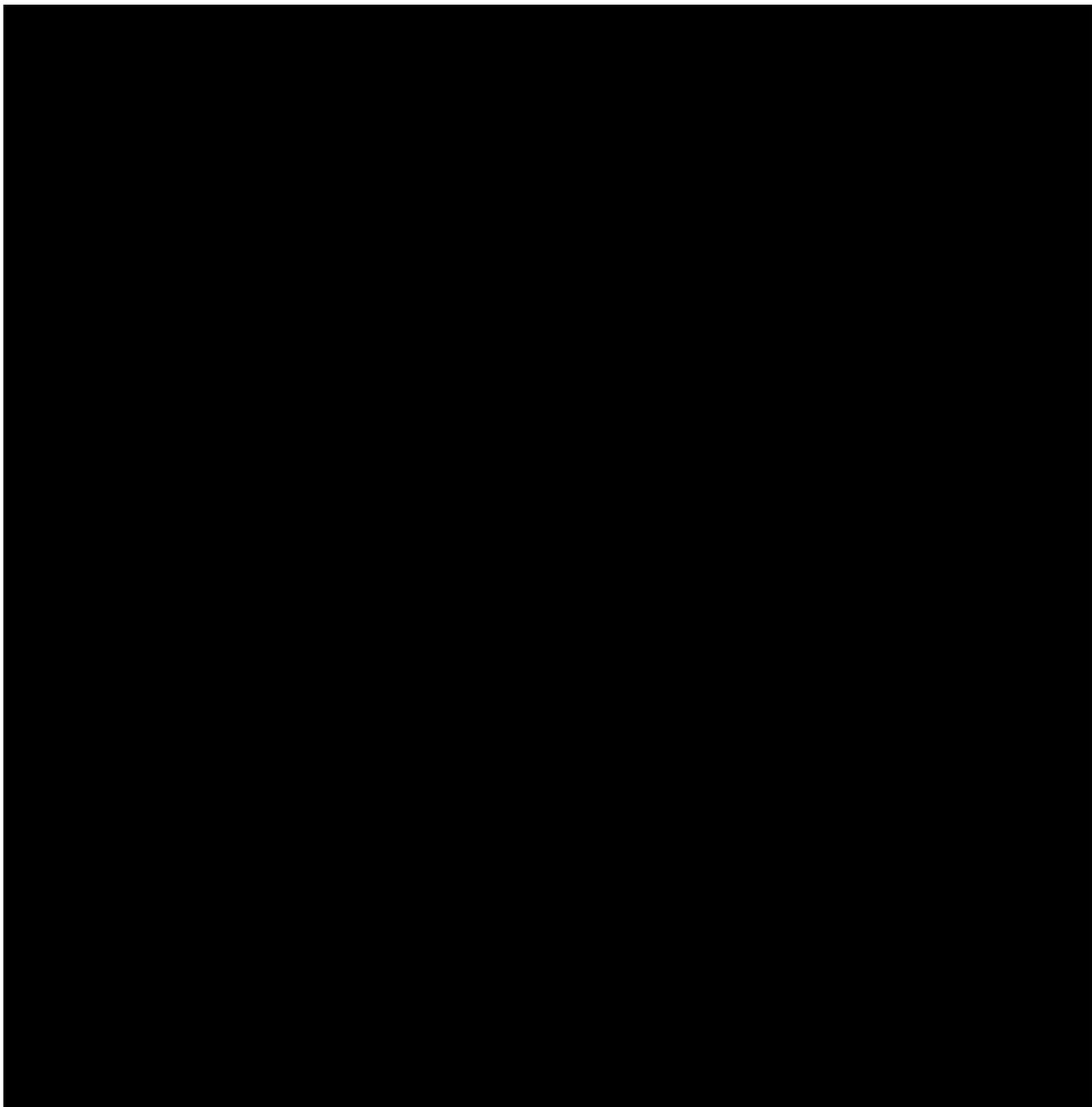
Произведем сравнительный анализ затрат (РДС) и (АФо) по различным статьям.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Веревкин А. В.				55	79
Консульт.					ТПУ ИПР гр. 2Б01		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.					
					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения		

6.1 Расход сварочных материалов



					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78



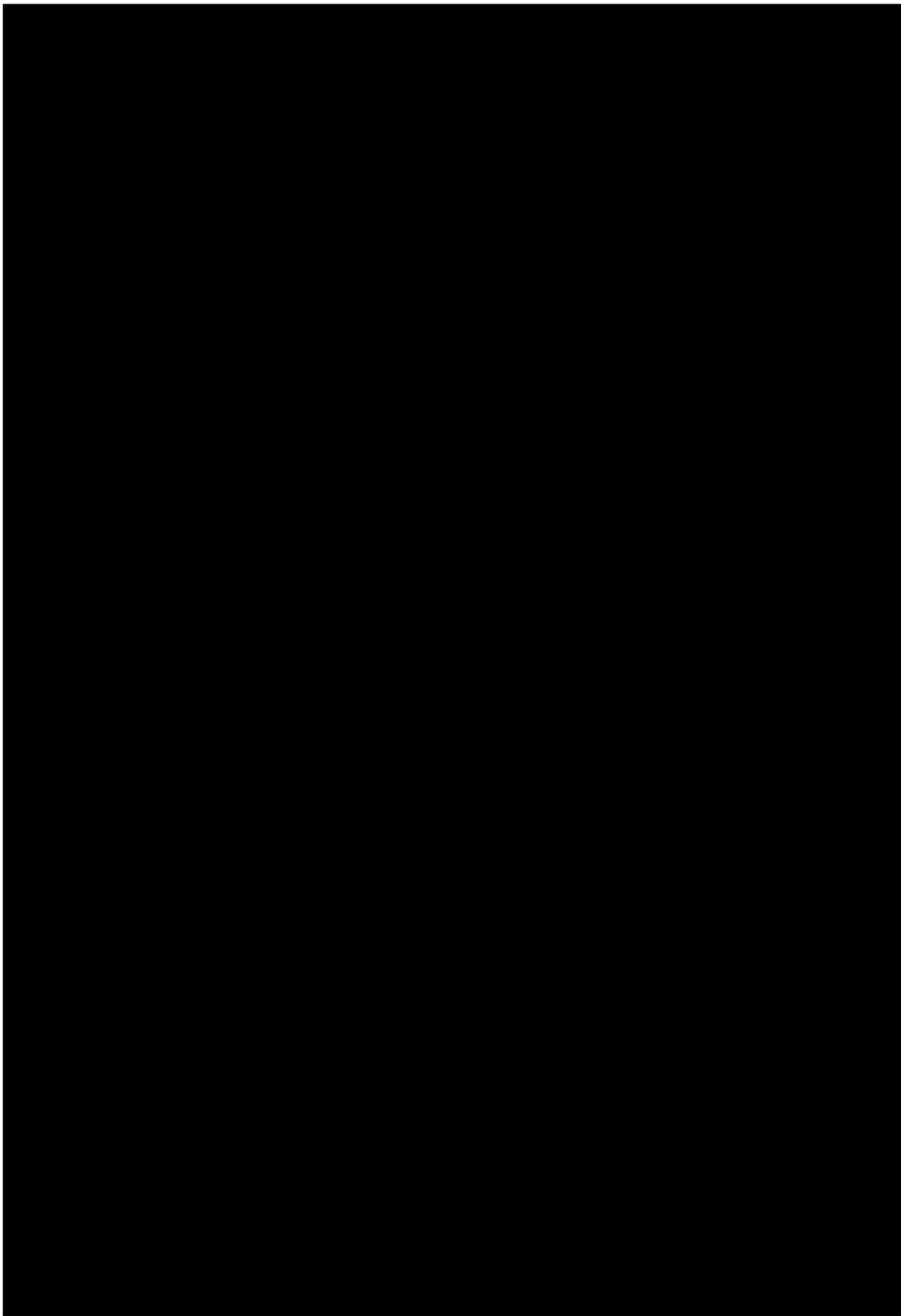
1,2 мм расход

углекислого газа составляет 12 л/мин или 720 л/ч [28]. Расход углекислоты определяется по формуле:

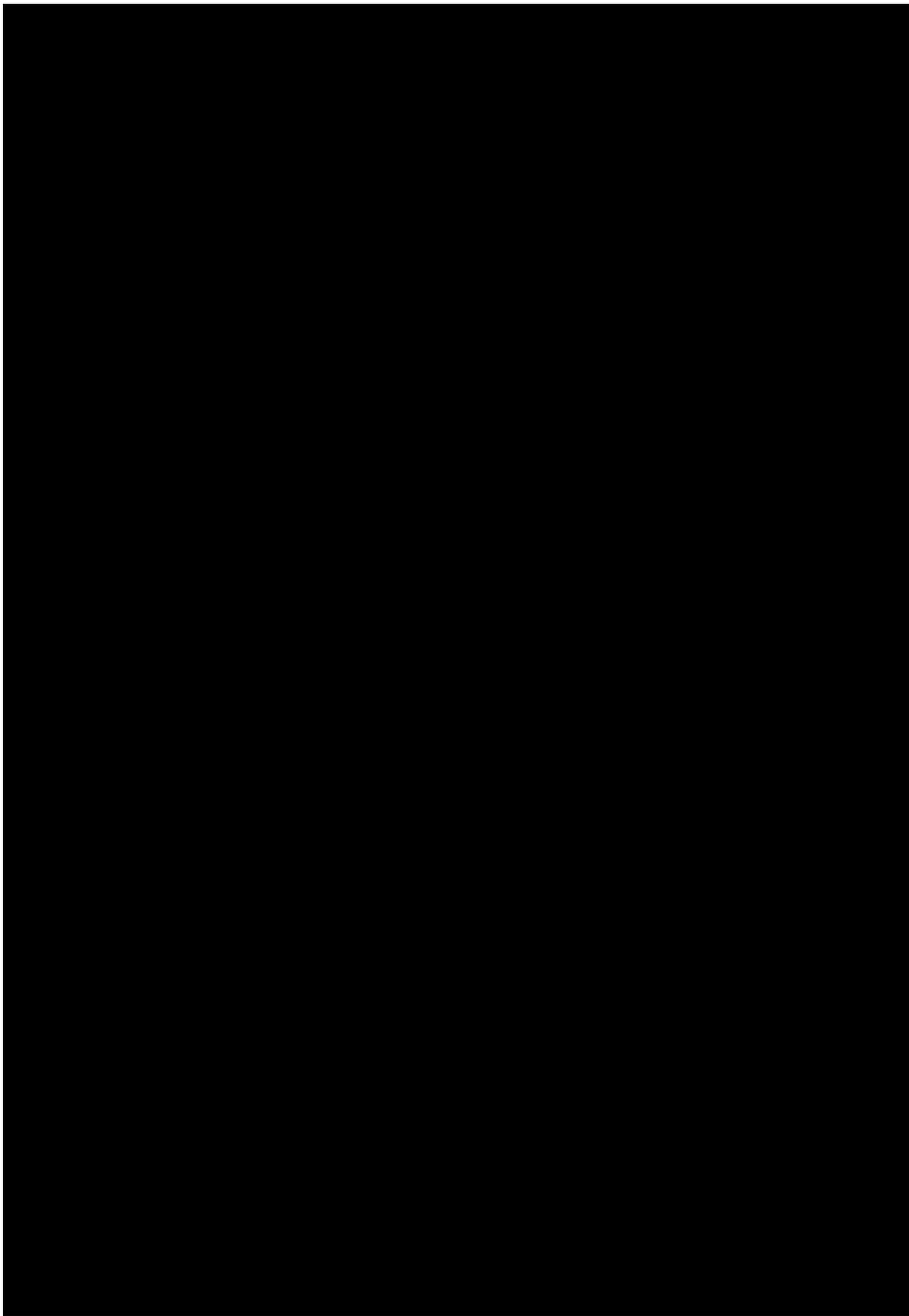
					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Лист 80

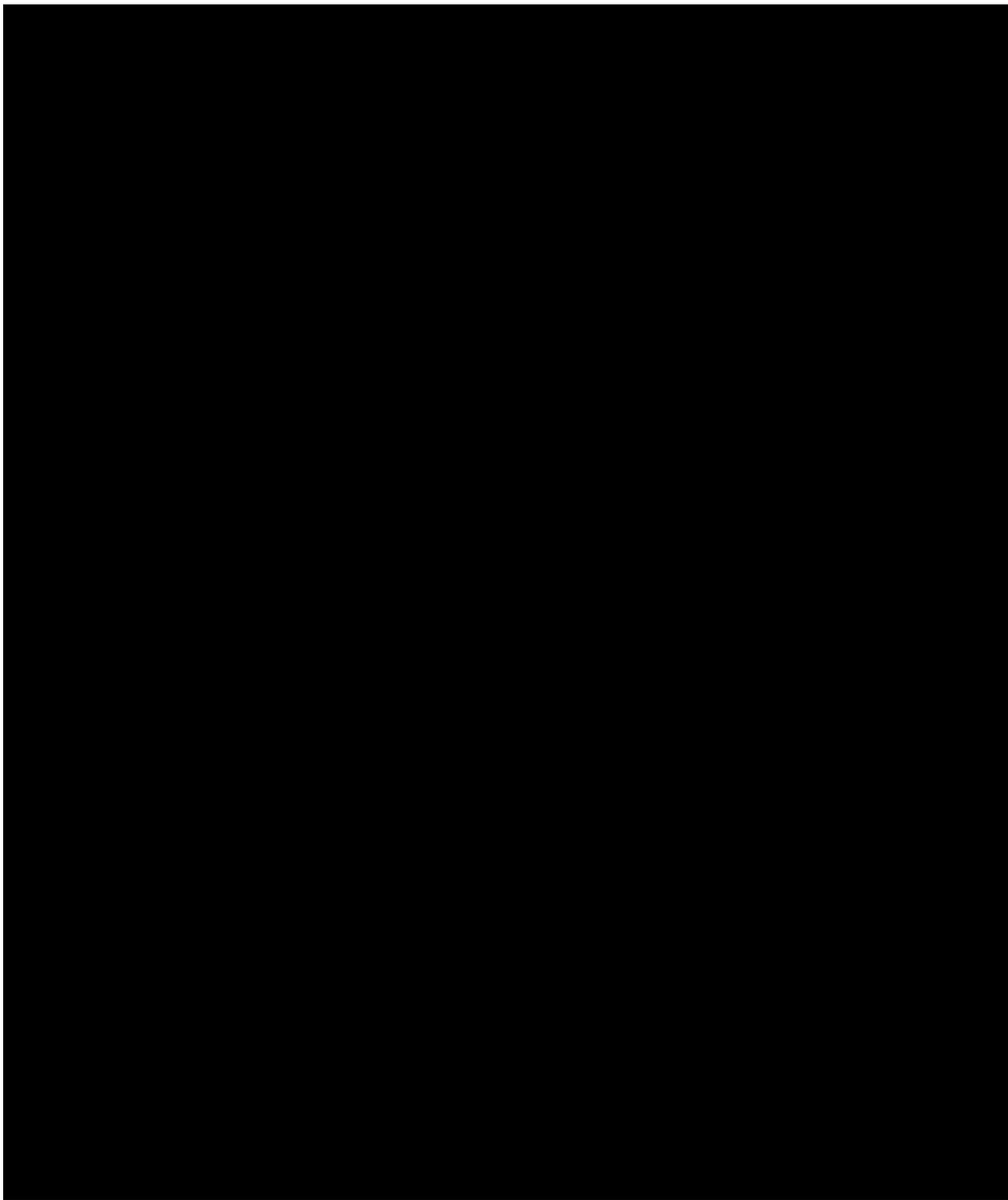
					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



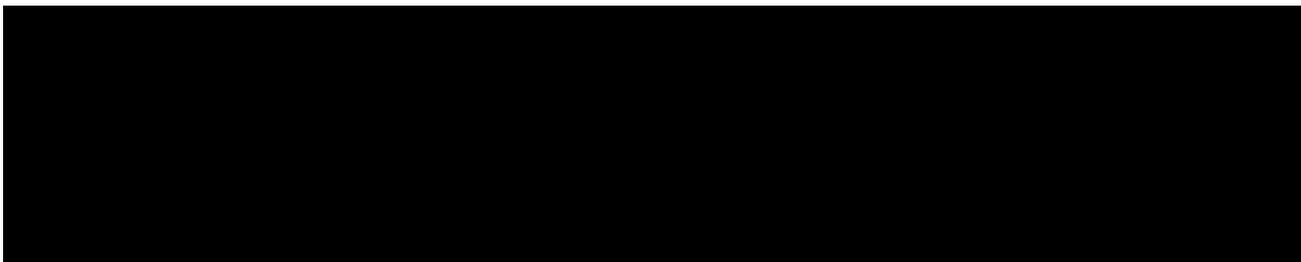
					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

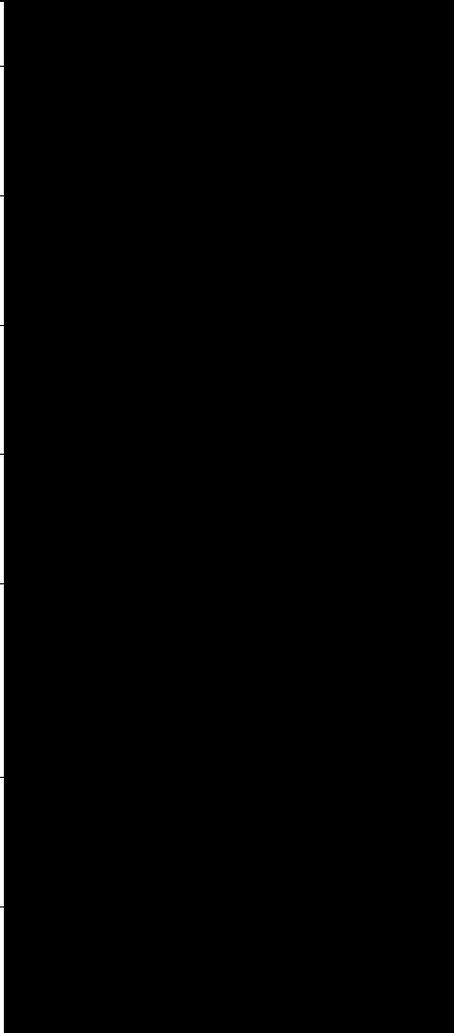


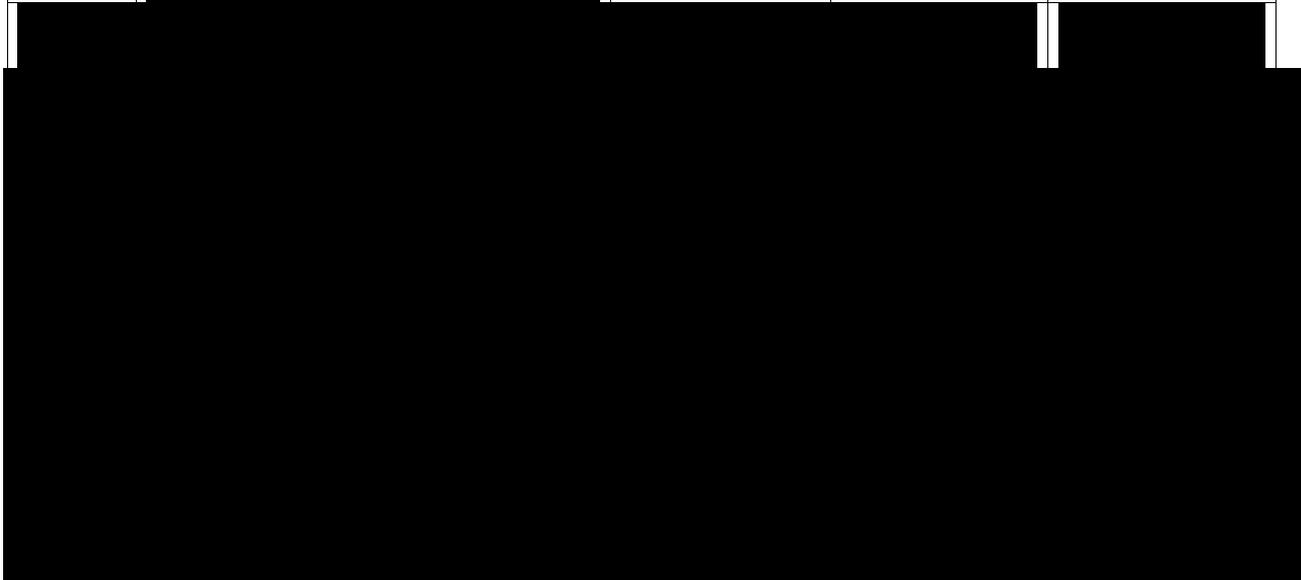
					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83



					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84







Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

[Redacted]									
[Redacted]		[Redacted]			[Redacted]				
[Redacted]		[Redacted]							
[Redacted]	[Redacted]		[Redacted]						
[Redacted]	[Redacted]		[Redacted]						
[Redacted]	[Redacted]		[Redacted]						
[Redacted]	[Redacted]		[Redacted]						
[Redacted]									

6.3 Расчет времени на проведение мероприятия

Определим нормы времени для механизированной сварки в среде углекислого газа. Время на проведение мероприятия включает в себя основное время выполнения проходов, а также вспомогательное время, необходимое для подготовки кромок сварного соединения и их последующую обработку.

Основное время, рассчитанное в п. 7.1 равно 46,14 ч.

Согласно справочнику «Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е22» [28] время на выполнение мероприятия представлено в таблице 17.

G_y

$$G_y = G_{H.M} \cdot K_M$$

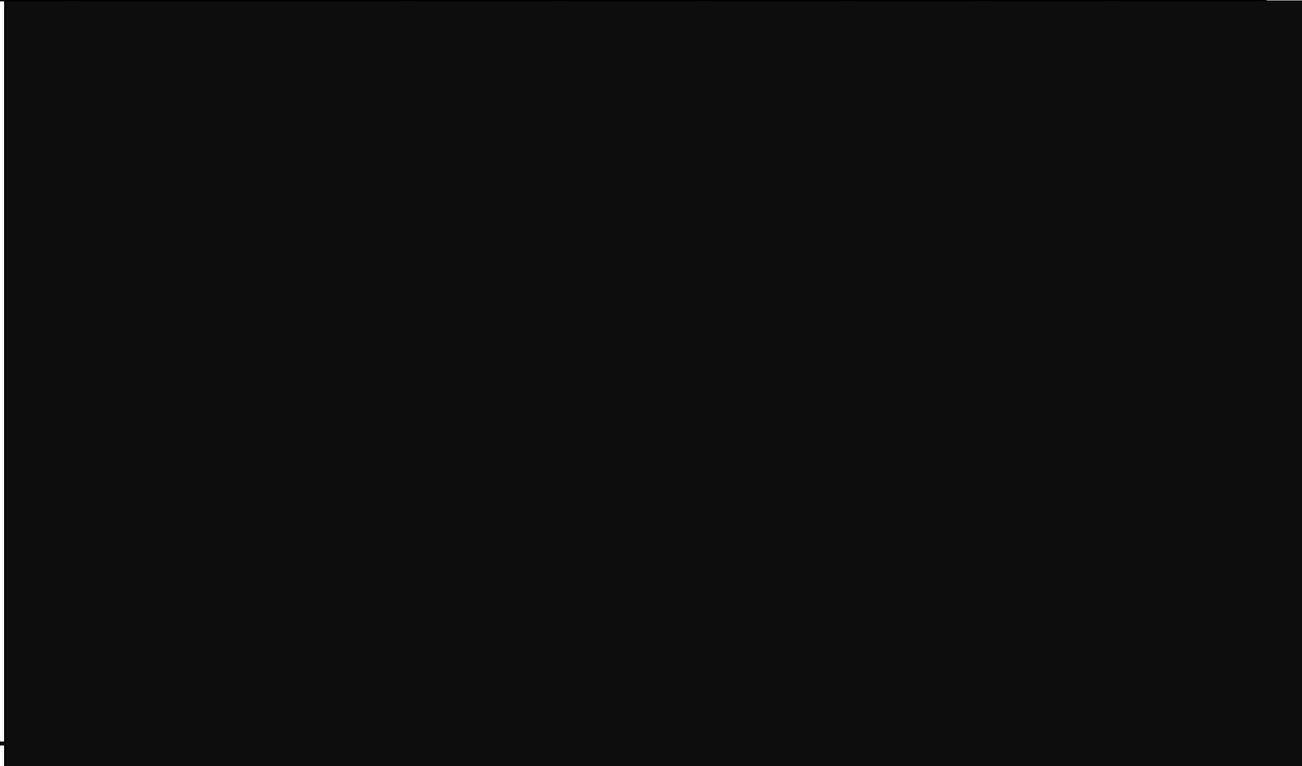
 K_M

$$K_M = 1,02$$

$$G_y = 2528,1 \cdot 1,02 \approx 2578,7$$

$$G_o = 2578,7 \cdot 1,3 = 3352,3$$





является одним из важнейших условий при выборе техники для сооружения резервуаров.

Непосредственно для производства процесса сварки потребуется 2 сварочных аппарата. В качестве таких аппаратов были выбраны сварочные полуавтоматы компании Lorch серии P-3500 при полуавтоматической сварке и аппараты Lorch X 350 BasicPlus при ручной дуговой сварке.

Вся техника и оборудование необходимы на протяжении всего времени сооружения резервуара (при механизированных способах сварки – 208 ч., при ручной дуговой сварке – 290 ч.).

6.8 Затраты на амортизационные отчисления

Затраты определяются, исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Нормы амортизации для автомобильного крана выбираем согласно единым нормам амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР (утв. постановлением СМ СССР от 22 октября 1990 г. N 1072).

Расчет амортизационных отчислений при сооружении резервуара с применением механизированных способов сварки представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет амортизационных отчислений при сооружении резервуара с применением механизированных способов сварки

Объект	Стоимость руб.	Норма амортизации %	Норма амортизации в год, руб.	Норма амортизации в час, руб.	Кол-во	Время работы, час.	Сумма амортизации, руб.
Автомобильный кран КС-35719-3-02	5450000	10	545000	62,21	1	208	12939,7

Сварочный аппарат Lorch P-3500	365425	8,33	30440	3,48	2	208	1447,8
Итого	14387,5						

Расчет амортизационных отчислений при сооружении резервуара с применением ручной дуговой сварки представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет амортизационных отчислений при сооружении резервуара с применением ручной дуговой сварки

Объект	Стоимость руб.	Норма амортизации %	Норма амортизации в год, руб.	Норма амортизации в час, руб.	Кол-во	Время работы, час.	Сумма амортизации, руб.
Автомобильный кран КС-35719-3-02	5450000	10	545000	62,21	1	290	18040,9
Сварочный аппарат Lorch X 350 BasicPlus	185750	8,33	15473	1,77	2	290	1026,6
Итого	19067,5						

Расчет амортизационных отчислений показывает, что при механизированных способах сварки резервуара амортизационные отчисления составят 14387,5 руб, тогда как при сооружении резервуара с применением ручной дуговой сварки этот же показатель составляет 19067,5 руб. Соответственно, экономия затрат на данном этапе составляет 4680 руб.

6.9 Затраты на проведение мероприятия

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия (Таблица 27).

Таблица 27 – Затраты на проведение организационно – технического мероприятия

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Состав затрат	Сумма затрат, руб.	
	Механ. св.	РДС
Амортизационные отчисления	14387	19067
Затраты на материалы	8662382	8776765
Оплата труда	324710	450962
Страховые взносы	100335	139347
Накладные расходы (20%)	1822447	1877228
Всего затрат:	10924261	11263369

Затраты на сварку резервуара объемом 5000 м³ механизированными способами составляют 10934681 руб, что на 339108 руб. меньше, чем при ручной дуговой сварке.

Экономический расчет показал что переход к новому методу сварки позволил снизить затраты и количество времени на проведение работ по сооружению резервуара.

Раздел 7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ.

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед

людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы

коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров.

При проведении работ по сооружению резервуара присутствуют опасные и вредные производственные факторы (таблица 15), которые могут привести к ухудшению состояния здоровья или смерти рабочих, поэтому необходимо предусматривать мероприятия для защиты от них.

					ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Чужаков С. Ю.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Вережкин А. В.				61	79
<i>Консульт.</i>					ТПУ ИПР гр. 2Б01		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А. В.					
					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>		

Таблица 15 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Сварочно-монтажные работы	<ul style="list-style-type: none"> • Превышение уровня шумов; • Метеоусловия; • Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне. 	<ul style="list-style-type: none"> • Механической природы; 	ГОСТ 12.1.003
		<ul style="list-style-type: none"> • Термического характера; 	-83
		<ul style="list-style-type: none"> • Электрической природы; 	ГОСТ 12.1.004
		<ul style="list-style-type: none"> • Пожарной природы. 	-91
			ГОСТ 12.3.003
			-86
			ГОСТ 12.3.004

			-75
			ГОСТ
			12.3.032
			-84

7.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредными производственными факторами называются факторы, которые способны отрицательно влиять на работоспособность или вызывать профессиональные заболевания и другие неблагоприятные последствия.

7.1.1 Превышение уровня шумов

Источники шума - звуки, производимые работающими механизмами и агрегатами.

Действие шумов на человека определяет влияние на слуховой аппарат и многие другие органы, в том числе и на нервную систему.

Громкость ниже 80 дБ обычно не влияет на органы слуха.

Длительным воздействием шума > 85 дБ в соответствии с нормативными документами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83, провоцируется постоянное повышение порога слуха, которое в свою очередь становится причиной повышения кровяного давления.

Основные методы снижения уровня шума:

- Понизить шум в источнике (применение звукоизоляции);

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Понизить шум на пути распространения звука;
- Использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;
- Соблюдать режим труда и отдыха;
- использовать средства автоматизации для управления технологическими процессами.

7.1.2 Метеоусловия

Климат представляет комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационного излучения солнца, величину атмосферного давления.

При выполнении работ по сварке резервуара обслуживающему персоналу приходится работать под воздействием солнечных лучей, сильном ветре, при атмосферных осадках, в условиях низких и высоких температур от минус 30 °С до плюс 40 °С.

Профилактика перегревания осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха в зонах с нормальным микроклиматом. От перегрева головного мозга предусматривают головные уборы, средства индивидуальной защиты.

7.1.3 Повышенное содержание вредных веществ в рабочей зоне

Как известно, сварочные процессы отличаются интенсивными тепловыделениями (лучистыми и конвективными), пылевыведениями, приводящими к большой запыленности производственных помещений

					Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

токсичной мелкодисперсной пылью, и газовыделениями, действующими отрицательно на организм работающих.

Вредные газообразные вещества, попадая в организм через дыхательные пути и пищеварительный тракт, вызывают иногда тяжелые поражения всего организма. К наиболее вредным газам, выделяющимся при сварке и резке, относятся окислы азота (особенно двуокись азота), вызывающие заболевания легких и органов кровообращения; окись углерода (удушающий газ) — бесцветный газ, имеет кисловатый вкус и запах; будучи тяжелее воздуха в 1,5 раза, уходит вниз из зоны дыхания, однако, накапливаясь в помещении, вытесняет кислород и при концентрации свыше 1 % приводит к раздражению дыхательных путей, вызывает потерю сознания, одышку, судороги и поражение нервной системы; озон, запах которого в больших концентрациях напоминает запах хлора, образуется при сварке в инертных газах, быстро вызывает раздражение глаз, сухость во рту и боли в груди; фтористый водород — бесцветный газ с резким запахом, действует на дыхательные пути и даже в небольших концентрациях вызывает раздражение слизистых оболочек.

При сварке в среде защитных газов торированными вольфрамовыми электродами марок ВТ-10, ВТ-15 в воздух выделяются окислы тория и продукты его распада, которые представляют радиационную опасность.

Защита органов зрения осуществляется с помощью различных предохранительных очков.

Защита органов дыхания обеспечивается применением различного рода респираторов и противогазов.

Респираторы служат для защиты легких человека от воздействия взвешенной в воздухе пыли, противогазы - для защиты от газов и вредных паров.

В зависимости от содержания кислорода в воздухе применяются следующие противогазы:

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

- фильтрующие - при содержании кислорода в воздухе свыше 19 %. Обслуживающий персонал установки обеспечивается противогазами с марками коробок БКФ, возможно применение коробок марки «А».
- шланговые - применяются при содержании кислорода в воздухе менее 20 % при наличии в воздухе больших концентраций вредных газов (свыше 0,5 % об.).

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

Таблица 16 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны [17]

Вещества	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³	Класс опасности
Углеводороды C ₁ – C ₁₀	300	4
Оксид углерода (CO)	20	4
Диоксид азота (NO ₂)	2	2
Диоксид серы (SO ₂)	10	3
Сажа	4	3
Ацетальдегид	5	3
Органические кислоты	5	3
Оксид углерода	20	4
Аэрозоль полиэтилена	10	3

7.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Опасные производственные факторы это такие факторы, которые способны при определенных условиях вызывать острое нарушение здоровья и гибели человека.

7.2.1 Опасные факторы механической природы

При сооружении резервуара возможность получения механических травм очень высока. Для предотвращения повреждений необходимо соблюдать технику безопасности.

Мероприятия по обеспечению охраны труда, техники безопасности при проведении подготовительных и основных работ – организационные и технические меры по обеспечению безопасности, осуществляемые при подготовке объекта к проведению работ, применяемые средства коллективной и индивидуальной защиты, режим проведения работ, работы по оборудованию мест отдыха, приема пищи и санитарно – гигиенических норм.

1) Перед началом выполнения электросварочных работ работник обязан:

1.1. Предъявить руководителю работ удостоверение о проверке знаний безопасных методов работ;

1.2. Надеть каску, спецодежду, спецобувь установленного образца;

1.3. Получить задание на выполнение работы у бригадира или руководителя.

2) Запрещается:

2.1. Соединять сварочные провода скруткой;

2.2. Касаться руками токоведущих частей;

2.3. Осуществлять ремонт электросварочного оборудования.

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3) Провести внеочередной инструктаж всем членам бригады по безопасным методам и приёмам ведения огневых работ и работ повышенной опасности, а также по правилам поведения в опасных условиях и обстоятельствах с росписью в Журнале инструктажей на рабочем месте и наряде-допуске. Ознакомить всех руководителей, специалистов, механизаторов и бригадиров с данным Планом производства работ до начала работ, выборочно опросить персонал по усвоению требований безопасности отраженных в разделе;

- После получения задания у руководителя работ необходимо:

4.1. Подготовить необходимые средства индивидуальной защиты;

4.2. Проверить рабочее место и подходы к нему на соответствие требованиям безопасности;

4.3. Подготовить инструмент, оборудование и технологическую оснастку, необходимые при выполнении работ, проверить их исправность и соответствие требованиям безопасности;

4.5. Проверить устойчивость свариваемых или разрезаемых деталей и конструкций;

4.6. Убедиться в отсутствии в зоне работы пожароопасных материалов

На весь период работ необходимо:

1) в зоне производства работ организовать места для приема пищи, отдыха и санитарно – гигиенические зоны. Жилой городок расположить на расстоянии не менее 100 м от места производства работ;

2) проверить наличие спецодежды, спец обуви и СИЗ у исполнителей по видам работ (костюм х/б, костюм сварщика, противогаз шланговый, защитная каска и т.д.).

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

7.2.2 Опасные факторы термического характера

Для производства процесса сварки существует несколько опасных факторов воздействий на сварщика: поражение электрическим током при прикосновении человека к токовыводящим частям электрической цепи; ожоги об капель; травмы различного рода механического характера при подготовке трубопровода к сварке и в процессе сварки.

Работа в исправной сухой спецодежде и рукавицах. При работе в тесных отсеках и замкнутых пространствах обязательно использование резиновых галош и ковриков, источников освещения с напряжением не выше 6-12 В.

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи закрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла. Щитки изготовляют из изоляционного металла - фибры, фанеры и т.д. По форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 1361-69).

Образующиеся при дуговой сварке брызги расплавленного металла имеют температуру до 1800 градусов Цельсия, при которой одежда из обычной ткани разрушается. Для защиты от таких брызг обычно используют спецодежду (брюки, куртку и рукавицы) только из специальной ткани. Куртки при работе не следует вправлять в брюки, а обувь должна иметь гладкий верх, чтобы брызги расплавленного металла не попадали внутрь одежды, так как в этом случае возможны тяжелые ожоги.

Для защиты от соприкосновения с влажной, холодной землей и снегом, а также с холодным металлом при наружных работах и в помещении сварщики должны обеспечиваться теплыми подстилками, матами, подколенниками и подлокотниками из огнестойких материалов с эластичной прослойкой.

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рабочие места должны быть снабжены индивидуальными аптечками и индивидуальными средствами пожаротушения.

Для тушения электрооборудования должны быть применены углекислотные огнетушители.

7.2.3 Опасные факторы электрической природы

Опасность поражения электрическим током существует при сварочных работах.

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТ 12.1.038-82.

Таблица 17 - Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U , В	I , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 В	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Таблица 18 - Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц

Продолжительная ость воздействия t , с	Нормируемая величина		Продолжительная ость воздействия t , с	Нормируемая величина	
	U , В	I , мА		U , В	I , мА
	От 0,01 до 0,08	2		2	0,6

0,1	20 2 00	20 2 00	0,7	35	35
0,2	1 00	1 00	0,8	30	30
0,3	7 0	7 0	0,9	27	27
0,4	5 5	5 5	1,0	25	25
0,5	5 0	5 0	Св. 1,0	12	2

Поражение человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении человеком, неизолированного от земли, к нетоковедущим металлическим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за замыкания на корпусе;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением.

Все применяемое электрооборудование и электроинструменты должны иметь заземление и подлежат занулению отдельной жилой кабеля с сечением жилы не менее сечения рабочих жил или заземляющий провод диаметром 16 см².

Корпуса, а также все открытые проводящие части применяемого передвижного электрооборудования должны быть защищены от косвенного прикосновения и т.д. в соответствии с требованиями ПУЭ (пункт 1.7.51) путем заземления с помощью переносных заземлителей.

Сопротивление заземляющего устройства для электроустановок с глухозаземленной нейтралью для питания напряжением до 1 кВ не должно превышать 4 Ом, а для

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

электроустановок с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ – 10 Ом, при выполнении условия, указанного в ПУЭ (пункт 1.7.104).

Для этого рассчитывается сопротивление одиночных заземлителей растеканию тока в однородном грунте.

где: ρ - приближенное значение удельного электрического сопротивления грунта для торфа=10-30 Ом·м принимаем -20 Ом·м;

d –диаметр стержня -4,5 см;

l - длина стержня согласно ПУЭ =0,5-0,7 м принимаем -0,6 м.

Полученное сопротивление не превышает нормативного.

Согласно ГОСТ 12.1.030 сопротивление не должно превышать 25 Ом·м

Для защиты персонала от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в соответствии с требованиями ПУЭ (пункт 1.7.59) передвижное электрооборудование должно быть оборудовано устройством защитного отключения (УЗО).

Защита от электрического тока делится на два типа:

- 1) коллективная;
- 2) индивидуальная.

С целью предупреждения рабочих об опасности поражения электрическим током широко используются плакаты и знаки безопасности.

Электрический ток оказывает следующие воздействия на человека:

- поражение электрическим током;
- пребывание в шоковом состоянии;
- ожоги;
- нервное и расстройство;
- смертельный исход.

Мероприятия по созданию безопасных условий:

- инструктаж персонала;
- аттестация оборудования;

					Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

- соблюдение правил безопасности и требований при работе с электротехникой.

7.2.4 Опасные факторы пожарной природы

Причиной пожара, как правило, становится несоблюдение мер пожарной безопасности на месте проведения работ (курение в зоне проведения работ, отсутствие устройств защитного отключения на переносных электроприборах, короткое замыкание и. т. д.). Помимо этого, причиной пожара может стать природный фактор, например, удар молнии.

К профилактическим мероприятиям по предотвращению возникновения пожара могут быть:

- вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления;
- приказом должен быть установлен соответствующий противопожарный режим;
- машины, сварочные аппараты, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны оснащаться не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10;
- на рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”;
- горючие отходы, мусор и т. д. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

К первичным средствам пожаротушения, которые должны присутствовать на месте проведения работ, относятся:

- асбестовое полотно размеров 2×2 м – 2 шт.;
- огнетушители порошковые ОП-10 – 10 шт., или углекислотные;
- ОУ-10 – 10 штук или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.);

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- лопаты – 2 шт.;
- ведра – 2 шт.;
- топор, лом – по 1 шт.

7.3 Воздействие на окружающую среду

При выполнении работ по сооружению резервуара необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, условия землепользования, установленные законодательством по охране природы, СНиП 12-01-2004, СНиП III-42-80*, ВСН 012-88 (глава 9), и другими нормативными документами.

Перед началом производства работ следует выполнить следующие работы:

- оформить в природоохранных органах все разрешения, согласования и лицензии, необходимые для производства работ по данному объекту;
- заключить договора со специализированными организациями на сдачу отходов, сточных вод образующихся в процессе производства работ;
- оборудовать места временного размещения отходов в соответствии с нормативными требованиями.

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При организации работ по сооружению резервуара необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоемы и атмосферу.

Виды воздействий на природную среду в период сооружения трубопровода:

- загрязнение выбросами выхлопных газов от строительной техники при производстве работ;
- выбросы при производстве сварочных работ;
- образование и размещение отходов, образующихся при сооружении резервуара.

Перед началом работ необходимо обеспечить наличие отвода земельного участка. С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны выполняться в пределах полосы отвода земли.

Для снижения воздействия на поверхность земель предусмотрены следующие мероприятия:

- своевременная уборка мусора и отходов для исключения загрязнения территории отходами производства;
- запрещение использования неисправных, пожароопасных транспортных и строительно-монтажных средств;
- применение материалов, имеющих сертификат качества;
- выполнение работ, связанных с повышенной пожароопасностью, специалистами соответствующей квалификации.

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

Загрязнение атмосферы в период производства работ носит временный обратимый характер.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ.

С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны выполняться в пределах полосы отвода земли, определенной проектом.

Проведение работ по сооружению резервуара, движение машин и механизмов, складирование и хранение материалов в местах, не предусмотренных проектом, запрещается.

Загрязнение атмосферного воздуха в период сооружения резервуара происходит за счет неорганизованных выбросов и является кратковременным. Неорганизованные выбросы являются неизбежными. Организованные выбросы в период проведения капитального ремонта отсутствуют.

К загрязняющим веществам относятся продукты неполного сгорания топлива в двигателях строительных машин и механизмов, вещества, выделяющиеся при сварке труб, выполнении земляных работ и при доставке строительных материалов.

Источниками неорганизованных выбросов являются:

- автотранспорт при перевозке строительных материалов;
- работающие строительные машины и механизмы;
- сварочные работы.

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

Таблица 16 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны [17]

Вещества	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³	Класс опасности
Углеводороды C ₁ – C ₁₀	300	4
Оксид углерода (CO)	20	4
Диоксид азота (NO ₂)	2	2
Диоксид серы (SO ₂)	10	3
Сажа	4	3
Ацетальдегид	5	3
Органические кислоты	5	3
Оксид углерода	20	4
Аэрозоль полиэтилена	10	3

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При обеспечении пожарной безопасности ремонтных работ следует руководствоваться ППБ 01-03, РД-13.220.00-КТН-367-06 и другими утвержденными в установленном порядке региональными СНиП, НД, регламентирующими требования пожарной безопасности.

					Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

Места, где проводятся сварочные работы, должны быть укомплектованы первичными средствами пожаротушения:

- асбестовое полотно размеров 2×2 м – 2 шт.;
- огнетушители порошковые ОП-10 – 10 шт., или углекислотные;
- ОУ-10 – 10 штук или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.);
- лопаты – 2 шт.;
- ведра – 2 шт.;
- топор, лом – по 1 шт.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж.

Вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

Машины, сварочные аппараты, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны оснащаться не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10.

Приказом устанавливается соответствующий противопожарный режим, в котором должно быть установлены:

- порядок утилизации горючих отходов, места хранения промасленной спецодежды;
- порядок отключения от питания электрооборудования в случае пожара;
- последовательность проведения огневых и пожароопасных работ, действия и обязанности работников при возникновении пожара;
- порядок и сроки прохождения внеочередного противопожарного инструктажа, время проведения занятий по подготовке к борьбе с пожаром, а также назначены ответственные за их проведение.

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

Руководитель работ должен совместно с работниками пожарной охраны определить места установки противопожарного оборудования и обеспечить необходимым противопожарным инвентарем.

Горючие отходы, мусор и т. д. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Применение в процессах производства материалов и веществ с неустановленными показателями их пожаровзрывоопасности или не имеющих сертификатов, а также их хранение совместно с другими материалами и веществами не допускается.

При работе категорически запрещается курить на рабочем месте.

На рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”.

В случае возникновения пожара использовать пенные, порошковые, углекислотные огнетушители или приспособления для распыления воды.

Переносной электроинструмент, светильники, ручные электрические машины должны быть подключены только через устройство защитного отключения (УЗО).

Запрещается проведение сварочных работ во время снега или дождя без применения навеса над местом производства работ и ветра со скоростью свыше 10 м/с.

Запрещается проведение сварочно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в грозу.

7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В области охраны труда и безопасности жизнедеятельности трудовую деятельность регламентируют следующие правовые, нормативные акты, инструктивные акты в области охраны труда и отраслевые документы:

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
						115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Закон об основах охраны труда в РФ №181-ФЗ от 17.07.1999 г (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005г.
- Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997 г.
- Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014)
- Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08-624-03
- Инструкции по технике безопасности предприятия.
- Порядок разработки деклараций безопасности промышленного объекта РФ. МЧС, Госгортехнадзор №222/59 от 4.04.1996 г.
- ГОСТ 12.0001-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда»
- ОСТ 51.81.82 ССБТ «Охрана труда в газовой промышленности»
- Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. СНиП .21/2.11.567-96 от 31.10.1996 г.
- Закон о пожарной безопасности №б9-ФЗ, принят 21.12.1994 г (с дополнениями и изменениями от 22.08.1995 г, от 18.04.1996г, от 24.01.1998 г, от 11.2000 г. от 27.12.2000 г.
- Пожарная охрана предприятий. Общие требования. НБТ - 201-96, утв. 01.03.1992г.
- Правила пожарной безопасности РФ ППБ-01-93. МВД РФ 14.12.1993 г

					<i>Социальная ответственность при восстановлении изношенной поверхности вала</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

Main content area of the document, currently blank.

					<i>Анализ применяемых методов сварки</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

Применение резервуаров хранения не ограничивается одной областью, потому что топливные материалы стали обязательным ресурсом при функционировании всевозможных сельскохозяйственных, промышленных, пищевых предприятий. Конструкционные варианты, которые применяются работниками при производстве емкости для нефти, допускают создание резервуаров многих моделей или же объемов. Если фирма, которая приобретает резервуары для нефти и нефтепродуктов, специализируется в переработке либо добыче нефти, тогда всевозможные емкости для этой компании в основном разрабатываются достаточно больших размеров.

В основном это вертикальные резервуары для хранения нефти с наземным монтажем, а также объемами до пяти куб.м. или же даже более.

Все резервуары для хранения нефти должны соответствовать столь важным параметрам, как устойчивость к коррозии и физическим повреждениям, герметичность, увеличенная надежность сосуда, экобезопасность, эргономичность, экономность.

Комплектация резервуаров для хранения нефти чаще всего предусматривает изготовление нескольких равных по величине и разных отделений, использующихся для накопления и отпуска разных марок продуктов переработки нефти.

Из вышесказанного вытекают высокие требования к технологии изготовления резервуаров, и непосредственно к сварке. Анализ методов показал, что оба рассмотренных метода, а именно механическая сварка и сварка под флюсом, являются высокоэффективными, удобные в эксплуатации и обладают рядом преимуществ, ввиду своих технических характеристик их использование ограничено областью их применения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА		
Разраб.		Чужаков С. Ю.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Веревкин А. В.				77	79
Консульт.					ТПУ ИПР гр. 2Б01		
Зав. Каф.		Рудаченко А. В.					
					Заклучение		

Список используемой литературы

1. ГОСТ Р 52910-2008 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
2. Правила технической эксплуатации резервуаров
3. СНиП 34-02-99 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки
4. СТО 0030-2004 Стандарт организации. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Правила технического диагностирования, ремонта и реконструкции
5. Вертикальные резервуары - Закожурников Ю.А. Хранение нефти, нефтепродуктов и газа / Ю.А. Закожурников - ИнФолио - 2010 г. - 432 с.
6. Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа / Г.В. Коннова - Феникс - 2006 г. - 128 с.
7. Левитин Р.Е. Подземное хранение нефтепродуктов в горизонтальных стальных резервуарах с использованием инертных газов: Диссертация / Р.Е. Левитин - Тюмень - 2008 г. - 138 с.
8. Электронная библиотека Нефть - Газ [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.oglib.ru/index.html>

					ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Список используемой литературы					
<i>Разраб.</i>		Чужаков С. Ю.						<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Вережкин А. В.							78	79
<i>Консульт.</i>								ТПУ ИПР гр. 2Б01		
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко А. В.								

Einleitung

Bei der alten Kulturtechnik des Schweißens werden Werkteile unlösbar miteinander verbunden. Bereits in den Königsgräbern der Sumerer (im Süden des heutigen Irak) wurden zusammengeschweißte Schmuckstücke entdeckt. Wärme oder Druck sind bei der Fügetechnik mögliche Energieressourcen, die gepaart oder einzeln genutzt werden. Daher spricht man vom Schmelz- oder Pressschweißen. Schweißen gehört zu den wichtigsten Methoden, um Metallbauteile miteinander zu verbinden.

Unter Schweißen versteht man die Verbindung von Werkstücken unter der Verwendung von Hitze und/oder Kompression, sodass die Werkstücke eine Einheit bilden. Beim Schweißen ist die Wärmequelle eine Lichtbogenflamme, die über die Elektrizität der Schweißstromversorgung erzeugt wird. Lichtbogenbasierendes Schweißen bezeichnet man als Lichtbogenschweißen.

Dabei unterscheidet man die verschiedenen Schweißarten (die ausführlicher in diesem Teil meiner Arbeit betrachtet werden) in Feuerschweißen, Gasschweißen, Schweißen mit Lichtbogen und Laserschweißen. Die älteste bekannte Schweißmethode ist das Feuerschweißen, bei dem die zu verbindenden Metalle unter Luftabschluss im Feuer aufgeschmolzen und unter Druck miteinander verbunden werden.

Darüber hinaus ist es bei den verschiedenen Arten des Schweißens von Bedeutung, ob Zusatzstoffe eingesetzt werden oder nicht. Die Verfahren kann man dabei auf unterschiedliche Weise unterscheiden. Am wichtigsten ist die die Art der Energiezufuhr, welche durch Elektroden oder Gas zustande kommt. Weiterhin kann man eine Aufteilung anhand der Grundwerkstoffe vornehmen, es existieren etwa Metall oder Kunststoff (manchmal wird auch Glas geschweißt).

1.1. Was ist Schweißen und wie entsteht der Lichtbogen

Das Verbinden der Werkstücke kann einzig und allein auf der Hitze beruhen, die durch den Lichtbogen erzeugt wird, sodass die Werkstücke miteinander

verschmelzen. Diese Methode kann beispielsweise beim WIG-Schweißen (Wolfram-Inertgasschweißen) angewandt werden.

Üblicherweise werden jedoch die Werkstücke mit Hilfe eines Zusatzwerkstoffs über die Schweißnaht bzw. Schweißstelle miteinander verschweißt. Hierfür wird ein Drahtvorschubgerät über einen Schweißbrenner (MIG/MAG-Schweißen) oder eine Schweißelektrode mittels Handzuführung verwendet. Bei diesen Verfahren muss der Zusatzwerkstoff etwa denselben Schmelzpunkt wie das zu schweißende Material besitzen.

Vor dem Schweißen werden die Ränder der Werkstücke so zusammengesetzt, dass sie eine geeignete Schweißfuge bilden, z.B. eine V-Fuge. Im Verlauf des Schweißvorgangs verschweißt der Lichtbogen die Fugenränder miteinander über den Zusatzwerkstoff, wodurch ein flüssiges Schweißbad entsteht.

Um eine dauerhafte Schweißverbindung zu erhalten, muss das Schweißbad vor Sauerstoffanreicherung (Oxygenierung) und Einflüssen aus der Umgebungsluft geschützt werden, z.B. mit Hilfe von Schutzgas oder Schlacke. Das Schutzgas wird über den Schweißbrenner zu dem flüssigen Schweißbad geleitet. Die Schweißelektrode kann auch mit einem Material beschichtet sein, das eine Art Schutzglocke darstellt und dazu dient, dass sich Schlacke über das Schweißbad bildet.

Die bekanntesten Schweißmaterialien sind Metalle, wie z.B. Aluminium, Stahl und Edelstahl. Kunststoffe können ebenfalls geschweißt werden. Beim Kunststoffschweißen ist die Wärmequelle heiße Luft oder ein elektrischer Widerstand.

Bei dem für das Schweißen benötigten Lichtbogen handelt es sich um eine elektrische Entladung zwischen der Schweißelektrode und dem Werkstück. Der Lichtbogen wird erzeugt, wenn ein ausreichend großer Spannungsimpuls (Triggerzündung) zwischen den Werkstücken entwickelt oder die Schweißelektrode auf das zu schweißende Material getippt wird (Kontaktzündung).

Der Lichtbogen ist die Basis des Lichtbogenschweißens. Er verschweißt das Ausgangsmaterial und den Zusatzwerkstoff, wobei die Schweißnaht hergestellt wird.

Hierbei entlädt sich die Spannung wie ein Blitzschlag, wodurch der Elektrizität ermöglicht wird, durch einen Luftspalt zu fließen, was zur Erzeugung eines Lichtbogens führt, der eine Temperatur von mehreren tausend Grad Celsius besitzt, bei einem Maximum von 10.000 Grad Celsius (18.000 Grad Fahrenheit). Über die Schweißstromversorgung bildet sich durch die Schweißelektrode ein Dauerstrom zum Werkstück und aus diesem Grund muss das Werkstück über ein Erdungskabel in der Schweißmaschine geerdet werden, bevor der Schweißprozess begonnen wird.

Beim WIG-Schweißen handelt es sich bei der Schweißelektrode um eine unverbrauchbare Wolframelektrode und der Zusatzwerkstoff wird manuell der Schweißstelle zugeführt. Beim MIG/MAG-Schweißen handelt es sich bei der Elektrode um einen Schweißdraht, der durch den Schweißbrenner geführt wird. Der Draht schmilzt und wird zum Zusatzwerkstoff in dem Werkstück.

Um eine glatte und dauerhafte Schweißnaht zu erhalten, sollte der Schweißlichtbogen stabil sein. Daher ist es wichtig, dass eine Schweißspannung verwendet und eine Drahtvorschubgeschwindigkeit gewählt wird, die sich für den zu schweißenden Werkstoff und seine Stärke eignen.

Außerdem beeinflusst die Arbeitstechnik des Schweißers die Feinheit des Lichtbogens und folglich auch die Qualität der Schweißnaht. Der Abstand von der Schweißelektrode zur Naht und eine gleichmäßige Bewegungsgeschwindigkeit des Schweißbrenners sind wichtige Faktoren für ein erfolgreiches Schweißen. Das Abschätzen der richtigen Spannung und Drahtvorschubgeschwindigkeit gehört als wichtiger Bestandteil zu den Kompetenzen des Schweißers.

Jedoch bieten moderne Schweißmaschinen mehrere Optionen, welche die Arbeit des Schweißers einfacher gestalten, wie z.B. die Speicherung vorher benutzter Schweißereinstellungen oder die Verwendung voreingestellter Synergiekurven, wodurch die Schweißparameter für die bevorstehende Aufgabe einfacher festgelegt werden können.

2.1. Schmelzschweißverfahren

Bei der Schmelzschweißung werden die Teile an den Schweißkanten aufgeschmolzen (meist unter gleichzeitigem Abschmelzen eines Schweißstabs oder einer Elektrode aus gleichem oder ähnlichem Werkstoff). Die erforderliche Wärme wird erzeugt durch das Verbrennen eines Heizgases (ca. 3.000°C, meist Acetylen) mit Sauerstoff (autogenes Schweißen), durch einen Lichtbogen zwischen dem Werkstück und einer Elektrode oder zwischen 2 Elektroden (Lichtbogenschweißung). Der Zutritt von Luftsauerstoff und Stickstoff wird durch Schutzgase oder durch einen Schlackenmantel verhindert. Die Elektronenstrahlschweißung (im Vakuum) lässt das Schweißen von Metallen mit sehr unterschiedlichem Fließpunkt zu.

2.2. Gasschmelzschweißen

Das Gasschmelzschweißen wird auch als Autogenschweißen bezeichnet. Dabei werden metallische Werkstücke mit einer Flamme erhitzt, die ein Gasbrenner aus einem Schweißgasgemisch durch Verbrennung erzeugt. Die Werkstücke werden meist mit einem Zusatzwerkstoff (Schweißdraht) verbunden. Für die etwa 3.200 °Celsius heiße Flamme wird Acetylen oder ein anderes Brenngas mit der exakt dafür benötigten Menge Sauerstoff verbrannt. Dadurch ist das Schweißbad zur Atmosphäre hin abgeschirmt.

Autogenschweißen wird vor allem bei unlegierten oder niedriglegierten Stahlwerkstoffen, bei Gusseisen und Nichteisenmetallen sowie bei bis zu sechs Millimeter dicken Blechen eingesetzt. Es ist in der manuellen Fertigung vor allem beim Verbindungsschweißen (Rohrleitungen, Installationen) üblich.

Vorteile sind niedrige Investitionskosten, gute Handhabung und Spaltüberbrückung. Nachteile für die industrielle Fertigung sind geringe Schweißgeschwindigkeiten und Abschmelzleistungen. Hohe Wärmeeinbringung bedingt zudem einen starken Verzug im Bauteil [1].

2.3. Lichtbogenhandschweißen

Das Lichtbogenhandschweißen nutzt ähnlich dem MSG-Verfahren einen Lichtbogen, um die Elektrode abzuschmelzen. Jedoch wird eine Schutzatmosphäre

um das Schweißgut nicht durch ein extern zugeführtes Gas, sondern durch entsprechende Zusätze der Elektrode selbst, eingestellt.

Das Lichtbogenhandschweißen wird häufig auch als E-Handschweißen bezeichnet. Es ist der älteste und vielseitigste der Lichtbogen-Schweißprozesse. Der elektrische Lichtbogen wird zwischen einer umhüllten Stabelektrode und dem Werkstück aufgebaut. Der metallische Kernstab schmilzt im Lichtbogen ab und geht tropfenförmig in das Schmelzbad über. Ein Teil, der mit gleicher Geschwindigkeit abschmelzenden Umhüllung, verdampft, stabilisiert den Lichtbogen und sorgt für den nötigen Gasschutz. Der Rest der Umhüllung bietet eine Schlacke, die das Schmelzbad und die abkühlende Naht vor der Atmosphäre schützt. Diese Schlacke muss nach jeder Lage entfernt werden. Es gibt hunderte verschiedener Elektroden. Über ihre Legierungselemente lassen sich Festigkeit und Zähigkeit der Schweißnaht sehr genau beeinflussen. Das Lichtbogen-Handschweißen wird meist an Eisenwerkstoffen eingesetzt. Seine Einsatzfelder sind sehr verschieden. Trotz der vergleichsweise geringen Abschmelzleistung hat der Prozess unschlagbare Vorteile beim Schweißen im Freien und an schlecht zugänglichen Fügstellen.

2.4. Schutzgasschweißen (SG)

Beim Schutzgas-Schweissen werden 2 Dinge gleichzeitig und unabhängig voneinander zugeführt: Der Stahldraht und das Schutzgas. Der Stahldraht ist die Elektrode, und das Schutzgas entspricht der Ummantelung der Stabelektrode beim elektrischen Schweissen.

Der Stahldraht wird mit einer Vorschubeinrichtung mit genau passender Geschwindigkeit geregelt zugeführt. Das Schutzgas besteht aus CO₂ und Argon. Das CO₂ dient dem Eintrag bzw. der Aufrechterhaltung des Kohlenstoffanteils im Schweissgut, und Argon bildet die Schutzatmosphäre vor Oxidation mit dem Luftsauerstoff. Die hauptsächlichen Kosten werden durch den Gasverbrauch verursacht.

Da das Schutzgas eine aktive Rolle übernimmt (CO₂ Eintrag), spricht man von MAG (Metall Aktiv Gas) Schweissen.

Obwohl Schutzgas-Schweissgeräte oft MIG/MAG genannt werden, ist das im Heimwerkerbereich anzutreffende Schweissverfahren fast immer MAG. MIG bedeutet Metall Inert Gas, also nimmt das Gas dort eine reine Schutzfunktion ein und reagiert chemisch nicht mit dem Schweissgut. Hierfür kommt z.B. reines Argon in Frage.

Schutzgasschweissen ist einfacher als elektrisches Schweissen, da die Schweissdüse (aus der sowohl Draht als auch das Gas austritt) pistolenförmig kurz ist und die Düse das Schweissgut ohne Weiteres berühren darf. Hier ist also weit weniger Geschick vonnöten als beim elektrischen Schweissen.

Das Aufsetzen der Düse ermöglicht ausserdem die genaue Positionierung einzelner Schweisspunkte, was beim Karosserie-Schweissen von sehr grossem Vorteil ist (Punktschweissen).

2.4.1. Metallschutzgasschweißen (MSG)

Das MSG-Schweißen wurde erstmals 1948 in den USA in der Inertgas- bzw. Edelgas-Variante angewandt, damals wurde es auch als SIGMA-Schweißen (engl. shielded inert gas metal arc) bezeichnet.

In der Sowjetunion wurde ab 1953 anstelle der teuren Edelgase wie Argon oder Helium ein aktives Gas zum Schweißen verwendet, nämlich Kohlendioxid (CO₂). Dies war nur möglich, weil inzwischen auch Drahtelektroden entwickelt wurden, die den beim Aktivgasschweißen höheren Abbrand von Legierungselementen ausgleichen.

In Österreich wurde bis 2005 das CMT (Cold Metal Transfer)-Schweißen serientauglich entwickelt, bei dem der Schweißstrom gepulst wird und Zusatzdraht mit hoher Frequenz vor und zurückbewegt wird, um eine gezielte Tropfenablösung bei geringer Wärmeeinbringung zu erreichen.

MIG- und MAG-Schweißen

MIG- und MAG-Verschweißungen finden sich beispielsweise beim Fahrwerk und Karosserieteilen von Autos, bei schweren Stahlkonstruktionen oder bei Transportsystemen, Werkstoffkombinationen oder dünne Werkstoffe werden mit dem WIG-Schweißverfahren zusammengefügt.

Zunächst sind diese beiden Techniken mit Gleichstrom und sogar mit demselben Gerät durchführbar. Das Gerät beinhaltet die Schweißstromquelle, die ans Stromnetz angeschlossen wird und von der die Masseleitung zum Werkstück führt. Außerdem wird durch Rollen im Gerät die Drahtelektrode sukzessive durch das Stromkontaktröhre Richtung Werkstück geschoben. Das Stromkontaktröhre liegt im Schweißbrenner, der bei diesen beiden Verfahren auch eine Schutzgasdüse besitzt, durch die die Schutzgase zur Mündung bis zur sogenannten Schutzgasglocke geleitet werden.

Bei der MAG-Methode kommen entweder Kohlendioxid („MAGC“) oder Gemische aus Argon und entweder Kohlendioxid sowie/ oder Sauerstoff („MAGM“) zum Einsatz. Dieses Verfahren wird für niedriglegierte oder unlegierte Stähle in vielen verschiedenen Handwerks- und Industriebranchen verwendet. Eine

Besonderheit ist das MAG-Hochleistungsschweißen, bei dem die Abschmelzleistung höher liegt.

Das Metallschutzgasschweißen ist ein Lichtbogenschweißverfahren bei dem eine endlose Drahtelektrode unter einer Schutzgasabdeckung abschmilzt. Das Gas schützt dabei vor dem Einfluss der umgebenden Atmosphäre. Das Verfahren zeichnet sich durch vielseitige Einsatzmöglichkeiten in Bezug auf Werkstoff, Mechanisierungsgrad und Schweißposition aus. Durch das Metall-Schutzgas-Schweißen lassen sich fast alle schweißgeeigneten Werkstoffe verbinden.

Unlegierte und legierte Stähle werden bevorzugt mit Aktivgas, z. B. Kohlendioxid, verschweißt. Dieses Unterverfahren nennt man Metall-Aktivgas-Schweißen, kurz auch MAG-Schweißen genannt. Hochlegierte Stähle und Werkstoffe wie Aluminium, Magnesium, Nickelbasis-Werkstoffen und Titan werden mit inertem Gas, wie z.B. Argon, verschweißt. Das Unterverfahren, das dafür zum Einsatz kommt ist das sogenannte Metall-Inertgas-Schweißen, kurz MIG-Schweißen.

Das Verbinden dünner Bleche ab 0,8 mm Materialstärke ist mit der Technik zum Schutzgasschweißen ebenso möglich wie das Schweißen stärkerer Bleche mit einer Materialstärke über 10 mm. Das MSG-Schweißen kann sowohl bei einem handgeführten Brenner, als auch mit vollmechanisierten Trägersystemen wie Portale oder Roboter eingesetzt werden [3][4].

2.4.2. ColdArc-Verfahren

Neue Anwendungen und Möglichkeiten erschließt auch das von der EWM GmbH, Mündersbach, erstmals vorgestellte Cold-Arc-Schweißverfahren, das sowohl automatisiert als auch manuell eingesetzt werden kann. Basis ist eine hochdynamische Inverterschaltung in Verbindung mit einer sehr schnellen digitalen Stromregelung. Laut Anbieter wird damit beim Wiederezünden des Kurzlichtbogens die Leistungsspitze im Lichtbogen stark abgesenkt, so dass er wesentlich kälter ist als bei herkömmlichen Verfahren. Die verminderte Wärmeeinbringung und der nahezu leistungslose Werkstoffübergang reduzieren den Verzug. Der digital kontrollierte Kurzschluss ermöglicht einen spritzerfreien Prozess. Der Werkstoffübergang erfolgt

verschleißfrei – ohne mechanische Unterstützung durch den Drahtantrieb. Der Draht wird mit handelsüblichen Brennersystemen gefördert, aufwendige Spezialkomponenten sind nicht erforderlich.

Das Verfahren eignet sich beispielsweise für sehr dünne Bleche sowie für Stahl/Aluminium- und Magnesium/Aluminium-Mischverbindungen. Möglich ist auch das wärmereduzierte Löten mit niedrigschmelzenden Zusatzwerkstoffen auf Zink-Basis. Verzinkte Bleche lassen sich ohne Beeinträchtigung der Zink-Schicht löten.

2.4.3. Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)

Auch beim WIG-Schweißen kommt ein Gerät zum Einsatz, welches einen Netzanschluss und die Schweißstromquelle benötigt. Die Elektrode wird hierbei in einem gekühlten Schlauchpaket mit Strom- und Schutzgasleitung zum Werkstück geführt. Kühlwasser muss in das Schweißgerät und daraus wieder abfließen. Das Schweißbad wird nicht nur zwischen Wolfram-Elektrode und Werkstück, sondern auch dem beigefügten Schweißstab gebildet.

Der Lichtbogen wird bei diesem Verfahren – ähnlich wie beim MIG-Schweißen – durch Helium, Argon oder einem Gemisch aus diesen beiden Gasen geschützt.

Leichtmetalle wie Aluminium, legierte Stähle un- und niedriglegierte Stähle (Wurzelschweißen) können mit dieser Methode zusammengefügt werden. Rohre und dünnere Bleche können beim WIG-Schweißen verbunden werden, welches sich unter anderem durch eine hohe Schweißnahtqualität und hohe Schweißgeschwindigkeiten auszeichnet. Es wird beispielsweise beim Bau von Kernreaktoren, jedoch auch für filigranere Behälter oder Haushaltsgeräte eingesetzt.

Dieses Schweißverfahren stammt aus den USA und wurde dort 1936 unter dem Namen Argonarc-Schweißen bekannt. Erst Anfang 1950 begann es sich auch in Europa durchzusetzen. In englischsprachigen Ländern heißt das Verfahren TIG oder auch GTAW. Dabei steht das TIG für Tungsten Inert-Gaswelding und GTAW für

Gas Tungsten Arc Welding. In beiden Abkürzungen findet sich das Wort „Tungsten“ wieder, was der englische Begriff für „Wolfram“ bedeutet.

Das Heften stellt das Hauptproblem dar, wenn ein Spalt vorhanden ist und so wurzelseitig Sauerstoff Zutritt hat. Der Einfluss der Wolframelektrodenlegierung und die Zusammensetzung des Schutzgases ist wichtig; diese Parameter beeinflussen den Prozess wesentlich.

2.4.4. Orbitalschweißen

Beim Orbitalschweißen wird der Schweißkopf mechanisch in einer Halterung (dem Kopf) um den Schweißkörper herumgeführt und dabei die Nahtstelle in einem Durchgang ohne Unterbrechung zusammengeschweißt.

Mittels Schutzgas werden dabei der Lichtbogen und die Nahtstelle vor der Außenluft geschützt. So wird eine exakte Kontrollierbarkeit der Nahtstelle erreicht und die Anlauffarben sowie die Wurzel der Schweißnaht lassen sich gut beeinflussen. Dadurch kann eine gleichbleibend hohe Qualität der Naht sichergestellt werden.

Weitere Vorteile sind unter anderem die hohe Sicherheit des Verfahrens, die hohe Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse, die kurze, und sehr wirtschaftlich Produktionszeit und die Dokumentationsfähigkeit des Schweißvorgangs nach ISO 9000.

Die Orbitalschweißtechnik kommt hauptsächlich im Rohrleitungs- und Kesselbau und bei Steril- und Reinstmedien in der Chemie-, Pharma-, Halbleiter-, Getränke- und Nahrungsmittelindustrie zum Einsatz, da es eine einheitliche und damit den hygienischen und technischen Anforderungen entsprechende Ausführung von Schweißnähten bietet.

Bei sehr hohen Ansprüchen an die Qualität der Schweißnaht wird die Orbitalschweißtechnik eingesetzt. Das Orbitalschweißen als hochspezialisierte Schweißtechnik erfordert höchste Ansprüche an die hoch qualifizierten Orbitalschweißer, aber auch die neueste technische Ausstattung der Orbitalschweißer ist besonders wichtig für exaktes Schweißen unter höchsten technischen und hygienischen Anforderungen. Hierbei geht es außer der Festigkeit und

Röntgensicherheit der Naht, auch um eine gleichmäßig flache Wurzel mit geringer Rauigkeit. Dafür ist das Verfahren der Orbitalschweißtechnik prädestiniert.

Orbitalschweißen wird oft im Rohrleitungs- und Apparatebau der chemischen und pharmazeutischen Industrie eingesetzt sowie in der Nahrungsmittel-Industrie oder auch im Pipelinebau.

2.4.5. Plasmaschweißen

Das Plasmaschweißen ähnelt dem WIG-Schweißen, unterscheidet sich jedoch durch die höhere Energiedichte. Generell entsteht bei allen Schutzgasschweißmethoden UV-Strahlung, die eine entsprechende Schutzkleidung und Augenschutz in Form eines Schweißschildes oder einer Schutzbrille unbedingt erforderlich macht [6].

Beim Plasmaschweißen brennt der Schweiß- oder Hauptlichtbogen ebenso wie beim WIG-Schweißen zwischen der Wolframelektrode und dem Werkstück. Zusätzlich brennt zwischen der Wolframelektrode und einer intensiv wassergekühlten Düse ein sogenannter „Pilotlichtbogen“ mit einer Stromstärke von 3 – 30 A. Zwischen der Elektrode und der Düse wird zusätzlich ein Plasmagas, meist Argon, geleitet. Dieses drückt den Pilotlichtbogen geringfügig aus der Düse heraus, so dass er hier als ionisierende Spur zu erkennen ist. Der Pilotlichtbogen ionisiert die Lichtbogenstrecke, und der Hauptlichtbogen kann nun ohne Hochfrequenz berührungslos mit einer außerordentlich hohen Zuverlässigkeit gezündet werden. Die für das Plasmaschweißen charakteristische Einschnürung des Lichtbogens wird hierbei durch verschiedene physikalische Effekte erzielt (Kühlwirkung der Düse, elektromagnetische Effekte).

Der Schutz des Schmelzbades erfolgt durch das zwischen der äußeren Schutzgasdüse und der Plasmadüse zugeführte Schutzgas. Als Schutzgas kommen reines Ar oder Ar- reiche Gasgemische mit Wasserstoff oder Helium in Frage.

Der eingeschnürte Plasmalichtbogen hat im Vergleich zu den anderen konventionellen Lichtbogenschweißverfahren eine wesentlich höhere Energiedichte und eine geringere Strahldivergenz. Während der Durchmesser des WIG-Lichtbogens

von der Elektrodenspitze bis zum Werkstück sehr stark zunimmt, wächst der Durchmesser des Plasmabogens nur geringfügig.

Das Plasmaschweißverfahren unterscheidet sich von anderen Schweißverfahren durch:

- Hohe Stabilität der Lichtbogensäule
- Schmale Lichtbogensäule, längenunabhängig vom Abstand zwischen Brenner – Werkstück

- Verbesserte Schweißbarkeit bei Materialien mit Kantenversatz
- Geringe Nahtbreite
- Geringer Verzug
- Geringe Nahtüberhöhung
- Höhere Schweißgeschwindigkeit als beim WIG-Schweißen
- Zuverlässige Lichtbogenzündung
- Sehr gute Reproduzierbarkeit der Schweißung im Automatenbetrieb
- Exakt einstellbare Einbrandtiefe
- Spritzerfreier Schweißprozess
- Größere Toleranzen als beim Laser möglich
- Elektrode ist geschützt (Standzeiten bis Faktor 30 höher als beim WIG Schweißen)

Das Plasmaschweißverfahren unterteilt sich in mehrere Bereiche, je nach Anwendung und Anforderungen:

- Mikroplasmaschweißen
- (Weich-) Plasmaschweißen
- Plasmakurzzeitschweißen
- Plasmapunktschweißen
- Plasmastichlochschiweißen
- Plasmapulverschweißen
- Plasmalöten

2.5. Unterpulverschweißen

Das Unterpulverschweißen, kurz auch UP-Schweißen genannt, ist ein Lichtbogenschweißverfahren bei dem der Schweißlichtbogen unsichtbar zwischen einer endlosen Elektrode und dem Werkstück brennt. Der Lichtbogen und das Schmelzbad sind durch ein körniges Pulver abgedeckt. Ein Schutz der Schweißzone vor dem Einfluss der Atmosphäre besteht durch die aus dem Pulver gebildete Schlacke.

Ein hoher thermischer Wirkungsgrad durch die Pulverabdeckung führt zu einer hohen Abschmelzleistung im Vergleich zu anderen Schweißverfahren. Aus diesem Grund wird das Unterpulverschweißen als Hochleistungsverfahren bezeichnet.

Wirtschaftlich effizient wird UP-Schweißen ab einer Blechdicke von 6 mm angewendet. Die vielfältigen Anwendungsfälle in denen das Unterpulverschweißen eingesetzt wird, reichen vom Schiffbau über den Brücken- und Stahlbau bis zur Behälterfertigung. Das Verfahren wird sowohl zum Verbindungsschweißen als auch zum Auftragen von Verschleiß- und Korrosionsschutzschichten eingesetzt. Unlegierte und legierte Stähle sowie Chrom-Nickel-Stähle können verschweißt werden.

Hochleistungsschweißverfahren wie das UP-Schweißen werden vor allem mechanisiert oder automatisiert eingesetzt. Kürzere Schweißzeiten verbunden mit einer höheren Einschaltdauer führen dazu, dass lange Schweißnähte ohne Unterbrechung geschweißt werden können. Daraus resultieren kürzere Nebenzeiten, mit dem positiven Effekt der geringeren Schweißkosten.

Die Unterpulver-Schweißtechnik ist an Portalen, Schweißmasten, motorischen Achssystemen oder auf Fahrwagen adaptierbar. Begünstigt durch den modularen Aufbau der Kjellberg UP-Schweißtechnik und die Vielfalt der verfügbaren Trägersysteme können eine Vielzahl von verschiedenen Bauteil- und Nahtgeometrien geschweißt werden. [7].

Das Unterpulverschweißen ist ein Lichtbogenschweißverfahren, bei dem der Schweißlichtbogen zwischen dem Drahtelektrodenwerkstoff und dem zu schweißenden Werkstück brennt. Die Besonderheit des Verfahrens ist, dass der Schweißlichtbogen durch ein körniges Pulver abgedeckt wird. Als Schweißzusätze

dienen Draht- oder Bandelektroden und ein Schweißpulver. Die Draht- oder Bandelektrode wird durch ein Vorschubsystem zur Schweißstelle gefördert. Das Schweißpulver gelangt aus einem Vorratsbehälter über einen Schlauch durch Schwerkraft oder durch ein Druckluftfördersystem ebenfalls zur Schweißstelle und deckt dadurch den Schweißlichtbogen gegen schädliche Einflüsse der Atmosphäre ab.

UP-Eindrahtschweißen

Das Eindrahtschweißen ist die am häufigsten angewendete Variante des UP-Schweißens. Es stellt die Grundvariante des UP-Schweißens dar, auf die sich alle anderen Varianten zurückführen lassen. Der Vorteil dieser Verfahrensvariante besteht in einer hohen Abschmelzleistung gegenüber Lichtbogen-Schweißverfahren.

UP-Paralleldrahtschweißen

Beim UP-Paralleldraht- oder Doppeldrahtschweißen werden zwei Drahtelektroden mit geringem Durchmesser, z.B. 2 x 2,5 mm, anstelle eines Drahtes in einem gemeinsamen Lichtbogen abgeschmolzen. Der Abstand zwischen den beiden Drahtelektroden liegt zwischen 4 und 8 mm. Hierbei wird nur eine Schweißstromquelle eingesetzt. Der Vorteil dieser Verfahrensvariante besteht in einer höheren Abschmelzleistung, einer guten Spaltüberbrückbarkeit und in einer hohen Schweißgeschwindigkeit. Es lassen sich stabilere Schweißprozesse bei geringeren Einbrandverhältnissen als bei der UP-Eindrahtschweißung realisieren.

UP-Tandemschweißen

Noch höhere Abschmelzleistungen und Schweißgeschwindigkeiten lassen sich mit dem UP-Tandem- und -Mehrdrahtschweißen erreichen. Gebräuchlich sind 2 bis 3, in Sonderfällen auch bis zu 6 hintereinanderstehende Drahtelektroden. Die Abstände zwischen den Einzeldrähten liegen zwischen 15 und 100 mm. Bei geringen Abständen haben die Drähte eine gemeinsame Kaverne. Bei großen Abständen schmilzt jeder Draht in einem eigenen Lichtbogen ab. Jede Drahtelektrode verfügt über eine eigene Schweißstromquelle und eine eigene Prozessregelung. Mit dem Tandem- und Mehrdrahtschweißen ergeben sich gegenüber dem Eindrahtschweißen einige betrachtenswerte Vorteile. Mit der ersten Drahtelektrode wird meist durch

einen hohen Schweißstrom ein großer Einbrand erreicht. Weitere Drähte füllen die Nahtfuge. Durch die letzte Drahtelektrode erreicht man bei geringerem Schweißstrom und hoher Schweißspannung eine breite Naht mit glatter Oberfläche.

UP-Bandschweißen

Das UP-Bandschweißen wird ähnlich wie das UP-Eindrahtschweißen ausgeführt, mit dem Unterschied, daß anstelle des Drahtes eine bandförmige Elektrode verwendet wird. Mit dem UP-Bandschweißen können Auftragsschweißungen durchgeführt werden. Es wird hauptsächlich zum großflächigen Plattieren mit hochlegierten Werkstoffen eingesetzt. Beim Abschmelzen des Bandes wird davon ausgegangen, daß der Lichtbogen an der unteren abschmelzenden Kante pendelt. Bei größeren Bandbreiten können auch mehrere parallele Lichtbögen brennen. Dies bewirkt eine erwünschte Reduzierung der Einbrandtiefe. Dies wiederum hat eine äußerst geringe Aufmischung des Schweißzusatzes mit dem Grundwerkstoff (<20%) zur Folge. Plattierungen mit einer Schichthöhe von 3,5 bis 5 mm sind in einer Lage möglich.

2.6. Elektronenstrahlschweißen

Elektronenstrahlschweißen ist eine spezielle Fügetechnik zur Herstellung dichter Verbindungen mit minimalem Verzug. Beim Elektroschweißen dient eine Elektrode als Anode (Pluspol) und das Werkstück als Kathode (Minuspol). Per Klemme wird ein Pol mit einem blank liegenden Teil des Werkstücks verbunden, der andere Pol mit dem Elektrodenhalter, mit dem das Elektrodenende an die Schweißstelle geführt wird. Dadurch kommt es zu einem Kurzschluss und es entsteht ein Lichtbogen. Die gebündelte Energie erzeugt mit dem Lichtbogen hohe Temperaturen, die die Werkstücke zum Schmelzen bringt (aufschmelzen des Grundwerkstoffes und gleichzeitiges abschmelzen der Elektrode). Nach dem Erkalten sind die Werkstücke fest miteinander verbunden.

Bei der elektrischen Widerstandsschweißung werden die Werkstücke an den Verbindungsstellen durch den elektrischen Strom bis zur Schweißhitze erwärmt und

in der Maschine zusammengepresst (bei der Punktschweißung zwischen Stiftelektroden, bei der Nahtschweißung mit rollenförmigen Elektroden).

Anwendungsbereiche:

- Luftfahrt

Triebwerksteile

Konstruktionsteile

Antriebsselemente

Sensoren

- Energieerzeugung
- Raumfahrt

Titantanks

Sensoren

- Vakuumsysteme
- Pharmaindustrie
- Automobilindustrie

Antriebsselemente

Getriebe

Turbolader-Komponenten

- Elektro-/Elektronikindustrie

Kupferwerkstoffe

- Atomindustrie

Kraftstoffbehälter

Konstruktionsteile

Ventile

Werkzeuge

- Forschungseinrichtungen

Kupferkomponenten

Superleitfähige Werkstoffe

- Sonstiges
- Alle Metalle (auch mit hoher thermischer Leitfähigkeit)

Stahl und rostfreier Stahl

Aluminium und Aluminiumlegierungen

Kupfer und Kupferlegierungen

Nickellegierungen und hochschmelzende Metalle

Titan und Titanlegierungen

Zr, Mo, Ta, Hf, W, Nb usw.

- Metalle mit unterschiedliche Schmelzpunkten

Kupfer und Stahl

Kupfer und Nickellegierungen

Stahl und Nickellegierungen

Tantal und Wolfram

Als Vorteile kann man nennen:

- Geringe Wärmezufuhr
- Minimaler Verzug
- Schmale Schmelzzone (MZ) und schmale Wärmeeinflusszone (HAZ)
- Tiefer Einbrand zwischen 0,05 und 200mm (0,002'' bis 8'') in einer Lage
- Hohe Schweißgeschwindigkeit
- Schweißen von Metallen mit hoher thermischer Leitfähigkeit möglich
- Schweißen von Metallen mit unterschiedlichen Schmelzpunkten möglich
- Vakuumschweißen sorgt für eine saubere und reproduzierbare Umgebung
- Natürliche Verschweißung von oxophilen Werkstoffen wie Titan, Zirkonium und Niobium möglich
- Zuverlässige und reproduzierbare Schweißumgebungen
- Kosteneffektive und automatisierbare Schweißprozesse und
- Keine Notwendigkeit zur Nachbehandlung – Komponenten können im geschweißten Zustand verwendet werden

Schlussfolgerung

Die untersuchte Literatur ist folgenden Themen gewidmet: was versteht man unter dem Schweißen, wie kann man das Schweißen gliedern, welche Arten von Schweißen gibt es heutzutage, was ist für diese Arten kennzeichnend.

Im Zentrum unserer Aufmerksamkeit steht Schweißen. Das heißt Werkstücke durch Ineinanderkneten (Pressschweißen) oder Ineinanderfließen (Schmelzschweißen) des örtlich erwärmten Werkstoffs zu verbinden.

Anders gesagt, wenn Metall- oder Kunststoffteile bei großer Hitzeeinwirkung durch Verschmelzen oder durch Zusammenpressen unter hohem Druck unlösbar miteinander verbunden werden.

Für jeden bestimmten Fall braucht man eine besondere Verfahrensmethode, deswegen ist die Analyse von Schweißverfahren sehr aktuell. Es wird in dieser Arbeit versucht, zu erforschen, was soll man bei der Auswahl von Schweißverfahren berücksichtigen.

Für das Fügen von Einzelteilen zum Werkstück stehen zahllose Arten von Schweißen zur Verfügung, nur eine von denen in der einzigen konkreten Situation benutzt werden muss. Wenn man auswählt, sollte man folgende Gesichtspunkte in Betracht gezogen werden: Aus verfahrenstechnologischer Sicht spielen der Werkstoff, die Bauteilgeometrie, die Zugänglichkeit zur Schweißstelle und die mögliche Schweißposition eine Rolle, ebenso die Qualitätsanforderungen an das geschweißte Produkt. Aus wirtschaftlicher Sicht sind die Stückzahl der herzustellenden Werkstücke, die Kosten für die erforderlichen Schweißeinrichtungen und diejenigen für die Durchführung der Fertigungsarbeiten bei der Verfahrenswahl zu berücksichtigen.

Literaturhinweise

1. Gasschweißen. In: Klaus-Jürgen Matthes, Erhardt Richter: Schweißtechnik: Schweißen von metallischen Konstruktionswerkstoffen. Carl Hanser Verlag, ISBN 978-3-446-41422-8, S. 290

2. Hans J. Fahrenwaldt, Volkmar Schuler: Praxiswissen Schweißtechnik. Friedrich Vieweg & Sohn Verlag/DVS Verlag, ISBN 978-3-87155-970-9, S. 32
3. Birgit Awiszus: Grundlagen der Fertigungstechnik. Hansa-Verlag, ISBN 978-3-446-41757-1
4. Ulrich Dilthey: Schweißtechnische Fertigungsverfahren 1: Schweiß- und Schneidtechnologien. Springer Verlag, ISBN 978-3-540-21673-5 (Abschnitt: Metallschutzgasschweissen (MSG))
5. Klaus-Jürgen Matthes, Erhardt Richter: Schweißtechnik: Schweißen von metallischen Konstruktionswerkstoffen. Carl Hanser Verlag, ISBN 978-3-446-41422-8 (Abschnitt: Wig-Schweißen)
6. Gerd Witt u. a.: Taschenbuch der Fertigungstechnik. Carl Hanser Verlag, ISBN 3-446-22540-4 (Abschnitt: Plasmaschweißen)
7. Hans J. Fahrenwaldt, Volkmar Schuler: Praxiswissen Schweißtechnik. Friedrich Vieweg & Sohn Verlag/DVS Verlag, ISBN 978-3-87155-970-9, S. 42 (Abschnitt: Unterpulverschweißen)